

THESIS / THÈSE

MASTER EN SCIENCES INFORMATIQUES

Un système informatique d'aide au diagnostic médical dans le cadre de l'évaluation fonctionnelle des protusions discales

Dumont, Fabrice

Award date:
1994

Awarding institution:
Université de Namur

[Link to publication](#)

General rights

Copyright and moral rights for the publications made accessible in the public portal are retained by the authors and/or other copyright owners and it is a condition of accessing publications that users recognise and abide by the legal requirements associated with these rights.

- Users may download and print one copy of any publication from the public portal for the purpose of private study or research.
- You may not further distribute the material or use it for any profit-making activity or commercial gain
- You may freely distribute the URL identifying the publication in the public portal ?

Take down policy

If you believe that this document breaches copyright please contact us providing details, and we will remove access to the work immediately and investigate your claim.

FACULTES UNIVERSITAIRES N.D. DE LA PAIX NAMUR
INSTITUT D'INFORMATIQUE
RUE GRANDGAGNAGE, 21 , B - 5000 NAMUR (BELGIUM)

Un système informatique d'aide au
diagnostic médical dans le cadre de
l'évaluation fonctionnelle des
protusions discales

Fabrice DUMONT

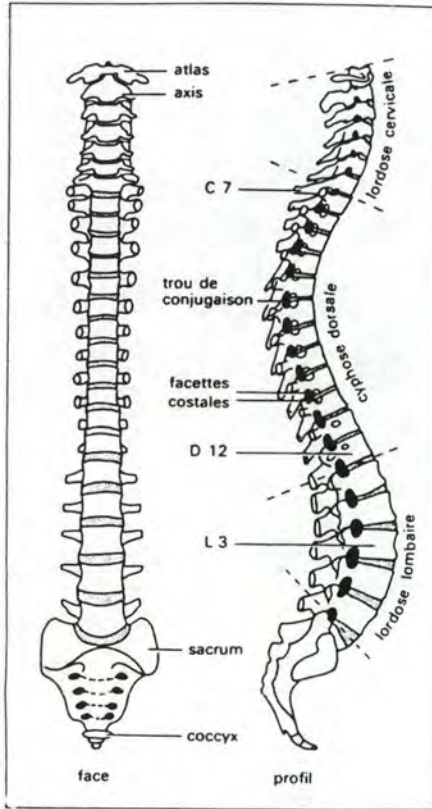
Promoteur : Monsieur le Professeur François BODART
Co-promoteur : Monsieur le Professeur Jean FICHEFET

Mémoire présenté en vue de l'obtention du grade de
Licencié et Maître en Informatique

Année académique 1993-1994

ERRATA

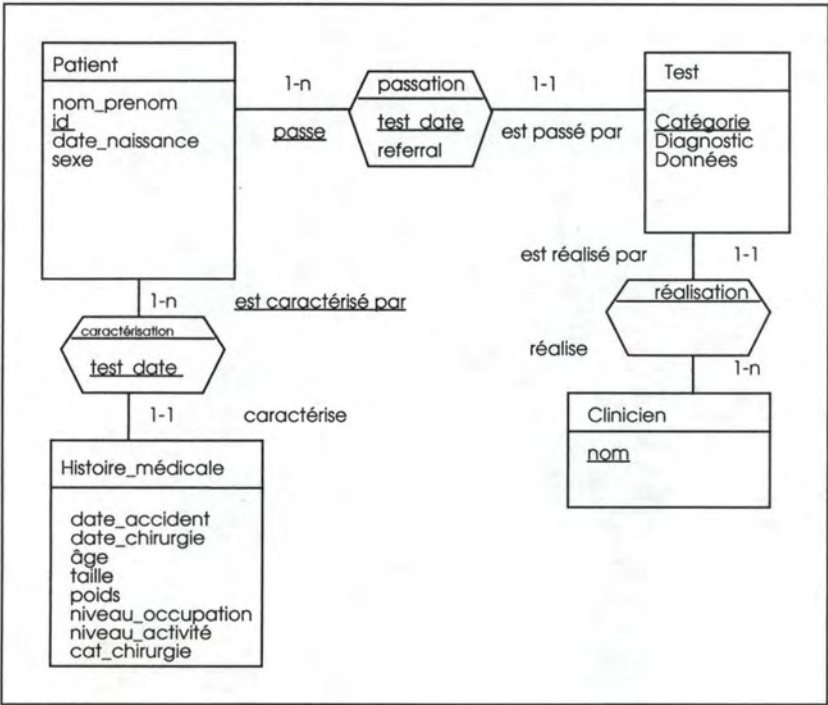
p.2 la figure 2.1. est présentée à l'envers.
La voici dans le bon sens !



Remerciements : "remerciement" : lire "remerciements"
"patiente" : lire "patience"

p. 61 4.4.2. 1. "recueillies": lire ""recueillies"

p. 62 la figure 4.7 doit être la suivante



Conclusion p.97 : "évaluation" : lire "évaluation"

RÉSUMÉ

Ce mémoire s'est fixé comme objectif de créer un système informatique d'aide au diagnostic médical pour l'évaluation fonctionnelle des lombalgies.

La démarche choisie comprend trois étapes.

La première pose le problème de l'évaluation des protusions discales. Elle présente d'abord l'anatomie du dos, ses pathologies et plus spécifiquement les lombalgies; ensuite, elle explique le mode d'évaluation iso-inertiel qu'utilise la technologie développée par la Société Isotechnologies (Isostation B200); enfin, elle fait le point sur l'information recueillie par l'Isostation B200.

La deuxième étape de la démarche étudie la problématique du diagnostic médical et de l'aide que peut lui apporter un SIAD (système informatique d'aide à la décision).

La dernière étape, après avoir décrit l'apport d'un SIAD dans le cas particulier de l'évaluation des protusions discales, développe la conception du SIAD et plus particulièrement de l'interface homme-machine.

ABSTRACT

The object of this thesis is the design of a DSS in the medical field of the fonctionnal evaluation of low back pain.

There is three parts in this thesis.

At first we explain the problem of the evaluation of low back pain. A description of the back bone and his pathologies (specifically the lombalgies) are given. We explain the iso-inertial evaluation which is the basis of the Isostation B200 (Isotechnologies). The Isostation B200 is a device which mesure the iso-inertial movements. At the end we describe the informations collected by the Isostation.

The second step is an approach of the problematic of the medical diagnosis and the help that a DSS can give.

The last step is the evaluation of the contributions of a DSS in our field (low back pain evaluation), the design of this DSS and particularely the design of the human-machine interface.

Je tiens à remercier Monsieur François BODART et Monsieur Jean FICHEFET pour leurs précieux conseils.

J'adresse également mes remerciement aux Professeurs Tony KELLER et Mareck SZPALSKI pour leurs conseils et leur patience à m'initier au problème médical des lombalgies.

Je tiens aussi à remercier les membres du personnel du laboratoire de biomécanique de l'université du Vermont (USA).

Enfin, je remercie Dominique DUMONT pour ses lectures et corrections orthographiques et stylistiques.

1. Introduction

Ce mémoire s'est fixé comme objectif de créer un système informatique d'aide au diagnostic médical pour l'évaluation fonctionnelle des lombalgies.

La démarche choisie comprend trois étapes.

La première pose le problème de l'évaluation des protusions discales. Elle présente d'abord l'anatomie du dos, ses pathologies et plus spécifiquement les lombalgies; ensuite, elle explique le mode d'évaluation iso-inertiel qu'utilise la technologie développée par la Société Isotechnologies (Isostation B200); enfin, elle fait le point sur l'information recueillie par l'Isostation B200.

La deuxième étape de la démarche étudie la problématique du diagnostic médical et de l'aide que peut lui apporter un SIAD (système informatique d'aide à la décision).

La dernière étape, après avoir décrit l'apport d'un SIAD dans le cas particulier de l'évaluation des protusions discales, développe la conception du SIAD et plus particulièrement de l'interface homme-machine.

2. L'évaluation des protusions discales

2.1. Description du problème

Les lombalgies représentent un des principaux symptômes d'invalidité qui affectent notre société. Il s'agit de la troisième plainte entendue par les médecins généralistes après les céphalées et la fatigue. Malgré le développement de nouvelles techniques de diagnostic et le progrès des thérapies, l'incidence des lombalgies sur la santé publique ne cesse de croître. Le coût très élevé de l'évaluation et du traitement de cette pathologie pose de plus en plus un problème de financement.

2.1.1. Le dos et ses problèmes : les lombalgies

2.1.1.1. Le dos : description anatomique

La colonne vertébrale, ou rachis, est une tige formée de petits éléments osseux juxtaposés, les vertèbres, articulés entre eux : elle est donc très solide mais flexible.

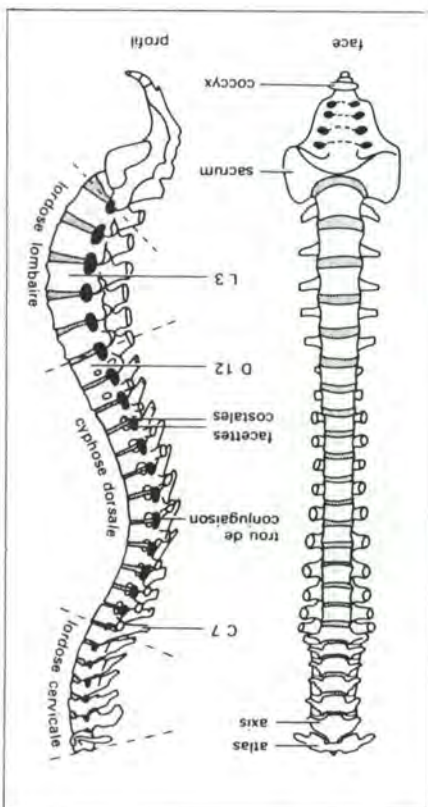


fig.2.1 : vue d'ensemble
de la colonne vertébrale

Caractérisée par une situation à la fois axiale et dorsale, par sa continuité, de la base du crâne jusqu'au bassin, et par son rôle de protection de la moelle épinière, la colonne vertébrale constitue, chez les animaux qui en sont pourvus, les Vertébrés, la pièce maîtresse du squelette. Les vertèbres qui constituent l'ossature du rachis ont subi au cours de l'évolution des Vertébrés des variations complexes.

Chez l'homme, la colonne vertébrale présente une série de modifications particulières, corrélatives à la station verticale. Les efforts qu'elle supporte sont importants, ce qui explique la fréquence de la pathologie rachidienne.

La colonne vertébrale est composée de 24 vertèbres : les six vertèbres cervicales, les douze vertèbres dorsales et les cinq vertèbres lombaires.

Les pathologies du rachis les plus courantes sont les suivantes: les lésions infectieuses, les affections rhumatismales, les fractures du rachis et les hernies discales qui s'observent principalement au niveau des dernières vertèbres lombaires, et se manifestent au début par une vive douleur (lombalgie) survenue à la suite d'un effort. Outre ces pathologies majeures, il faut souligner la très grande fréquence des petites désaxations du rachis (les scolioses p.ex.).([GIL85]).

2.1.1.2. Le dos : les problèmes de lombalgies

Il faut rappeler que le mal de dos est un symptôme, pas un diagnostic. Pour élaborer un diagnostic, le médecin doit procéder à un historique et à un examen physique attentifs des consultants qui souffrent de ce symptôme complexe. En effet, les maux de dos présentent des causes multiples qu'il convient de discriminer [SPZ90].

- A peu près 2% des patients qui se présentent chez un médecin avec une plainte de maux de dos souffrent de métastases ou de tumeurs primaires.
- Un autre sous-ensemble de patients se présentent avec des symptômes de maux de dos qui sont en fait dus au développement d'une autre pathologie comme une protusion discale ou l'ostéoporose.
- Pour beaucoup de patients aucune pathologie n'est décelée et seulement un désordre fonctionnel est observé.

C'est cette dernière catégorie de patients qui nous intéressera, ils se plaignent de maux de dos aigus sans lésions structurelles et présentent essentiellement des désordres fonctionnels qui doivent donc être évalués fonctionnellement. Grâce à un dynamomètre isoinertiel, le médecin peut évaluer la pathologie et contrôler l'amélioration physique pendant le traitement.

2.1.2. Impacts financier et social des lombalgies

On doit le constater : les désordres lombalgiques sont causes d'un coût financier et social élevés. Dans ce contexte, un système d'évaluation comme celui que nous présentons nous semble utile.

Voici quelques chiffres significatifs et quelques constatations importantes.

- **Coût financier**

- Environ 80% de la population américaine souffrira de lombalgies durant leur vie [SPE90].
- Les coûts relatifs aux lombalgies ne suivent pas une distribution normale. Plusieurs études montrent qu'un petit nombre de cas sont responsables pour un gros pourcentage des coûts [CAR92].
- Bien que les connaissances de ce problème se soient accrues de manière très significative ces 20 dernières années, la sécurité sociale américaine a vu ses versements pour les maux de dos s'accroître de 2700% au cours de cette période [SPE90].
- De plus, l'évaluation et le traitement des lombalgies sont rendus plus difficiles parce que les plaintes de maux de dos ne peuvent pas être mis en rapport avec une source anatomique dans plus de 80% des cas [CAR92].
- En Belgique, on observe que le coût moyen des accidents industriels impliquant des désordres au niveau de la colonne vertébrale dépasse largement le coût moyen des autres accidents industriels. On observe le même phénomène pour la durée d'incapacité de travail. En effet, un accident de travail lié à un problème rachidien s'élève au double de la moyenne [CAR92].

- **Coût social**

- Il a été aussi démontré qu'il y a une corrélation entre la durée d'incapacité et le taux de retour au travail. En fait, le pourcentage de retour au travail est de 50% après 6 mois d'absence, 15% après 12 mois et près de 0% après 24 mois [SPZ90].
- Un autre problème est l'absentéisme relatif aux problèmes de lombalgies subis dans la vie privée. En Grande-Bretagne, 33.000.000 journées de travail sont perdues par an et 9.2% de tous les accidents conduisant à l'absentéisme sont dus aux maux de dos [SPZ90].

2.1.3. Problématique de la détection, du diagnostic des lombalgies: les modes d'évaluation

Diverses techniques permettent une exploration fonctionnelle du rachis lombaire, basées sur des mesures d'amplitude, des principes isotoniques, isométriques, isokinétiques ou isoinertiels [SZP92b].

Les méthodes isoinertielles semblent être celles qui reproduisent le plus fidèlement le mouvement naturel et ses contraintes sur le rachis lombaire.

- **La mesure de l'amplitude du mouvement**

Les mesures de l'amplitude des mouvements du tronc sont fort anciennes. Elles sont simples à réaliser, mais peu spécifiques et peu précises. Elles n'ont que peu de valeur discriminante. Elles peuvent être utiles pour suivre l'évolution d'un patient sous traitement si on ne dispose pas d'autres moyens d'évaluation objective.

- **La mesure des forces isométriques**

Une contraction isométrique est une contraction musculaire durant laquelle la longueur musculaire reste constante; il n'y a pas de mouvement, donc la vitesse est nulle et il n'y a pas de travail mécanique. Les mesures des forces isométriques ont représenté la première approche réellement quantitative de la fonction du tronc. Elles ont une certaine valeur discriminante. Cependant, elles sous-estiment de manière importante les contraintes s'exerçant sur le rachis et ne procurent qu'un reflet médiocre de la fonction réelle.

- **L'évaluation isokinétique**

Une contraction isokinétique est une contraction durant laquelle le changement de longueur du muscle (et donc de la vitesse du mouvement) est constant, alors que l'accélération est nulle. L'évaluation isokinétique représente un grand progrès par rapport aux évaluations isométriques car elle est dynamique. Elle a une valeur discriminante et permet de suivre l'évolution d'un patient. Le mouvement isokinétique n'est toutefois pas un mouvement naturel et ne prend pas en compte les changements de vitesse caractérisant le mouvement humain. De plus, les dispositifs isokinétiques sont mono-axiaux et n'analysent pas les mouvements couplés caractéristiques de la fonction du tronc.

- **L'évaluation isotonique**

Durant une contraction isotonique, la force engendrée par le muscle reste constante. Le mode isotonique définit strictement une contraction musculaire isolée et ne peut être appliqué à un mouvement humain réel. Les évaluations et exercices actuellement appelés isotoniques devraient être appelés isoinertiels, car le facteur constant n'est pas la force musculaire mais bien la charge à mouvoir (inertie).

• L'évaluation isoinertielle

Une contraction isoinertielle est une contraction pendant laquelle la résistance contre laquelle le mouvement s'effectue (moment d'inertie) reste constante. Tout en gardant un certain caractère artificiel, l'évaluation isoinertielle se rapproche le plus d'un mouvement naturel. Elle prend en compte les modifications de vitesse inhérentes au mouvement naturel et permet les mesures tridimensionnelles de la fonction tronc.

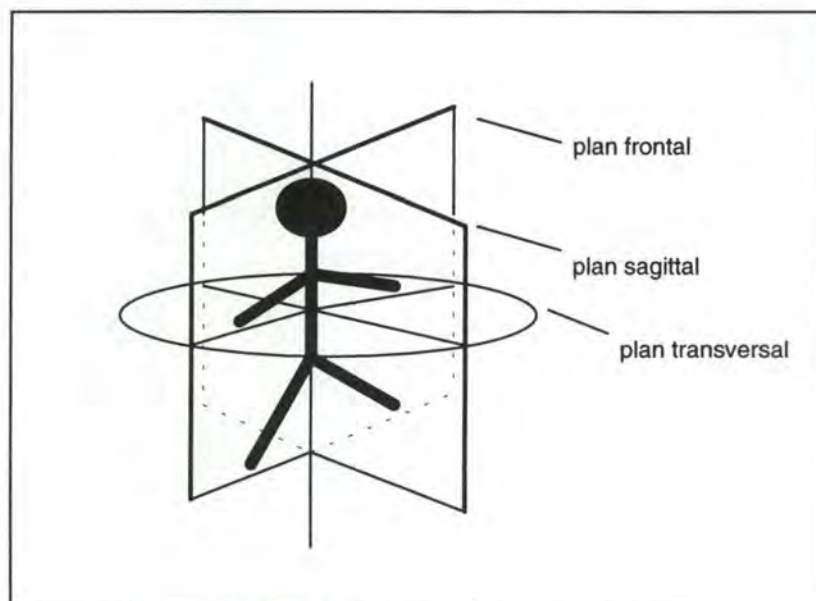


fig 2.2. : les 3 plans de mouvement

2.1.4. Conclusion

Comme l'évaluation isoinertielle semble être la méthode la plus juste pour évaluer fonctionnellement les fonctions du tronc, il fallait une méthode permettant de mesurer ces mouvements. L'isostation B200 d'isotechnologies permet ces mesures.

2.2. Une application de la méthode isoinertielle : l'isostation B200 d'Isotechnologies

Pour évaluer le désordre fonctionnel causé par les lombalgies, l'amplitude du tronc, la force des muscles du tronc et la vitesse d'un mouvement bien déterminé peuvent être mesurés en utilisant un dynamomètre isoinertiel. L'isostation B200¹ est un dispositif dynamométrique informatisé basé sur ce principe isoinertiel.

¹Isotechnologies, Hillsborough Inc., Etats-Unis

2.2.1. Présentation du matériel

- **Hardware**

Il s'agit d'un dispositif dynamométrique triaxial qui mesure les couples de force isométriques (en Newton-mètre) ainsi que les couples dynamiques (en Newton-mètre), les vitesses (en degrés/seconde) et les amplitudes (en degrés)

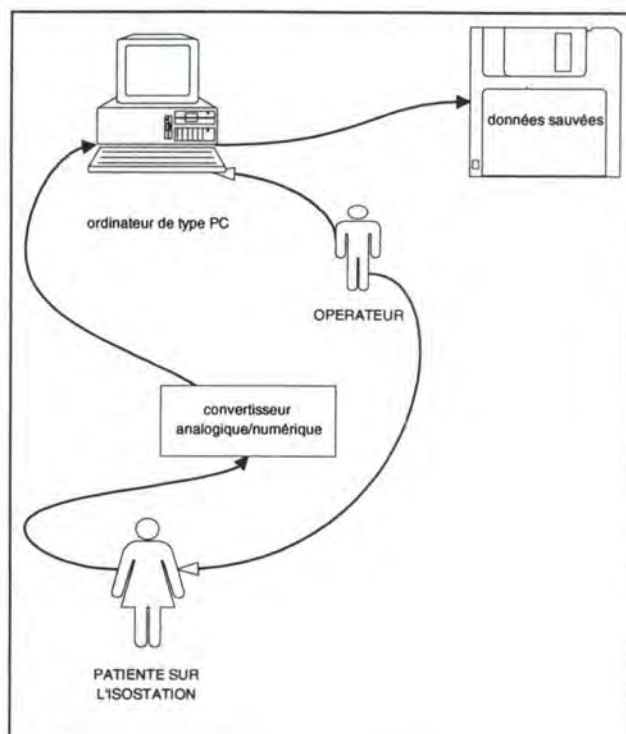


fig 1.3. : Description du système

simultanément sur les plans sagittal (flexion/extension), frontal (flexions latérales) et transversales (rotations). Les valeurs du travail (en Joule) et de la puissance (en Watt) sont également calculées. Le mouvement se fait contre une résistance constante dont la valeur est réglable grâce à un système de vérins hydrauliques.

Les signaux enregistrés, avec une fréquence de 50 échantillons par seconde, par l'Isostation sont transmis pour analyse à un ordinateur de type PC par l'intermédiaire d'un convertisseur analogique/numérique. Les résultats sont présentés sous formes numérique et graphique.

L'information est stockée en permanence sur disque magnétique en vue d'en garder une trace et de faire un rapport.

- **Software BSCAN**

Il existe deux versions du logiciel couplé au système dynamométrique. Ces deux softwares guident l'utilisateur à travers le protocole d'utilisation de l'isostation. Ils permettent d'encoder des données relatives au patient, d'initialiser l'isostation avant un test, de faire les tests dans les trois plans.

Des différences caractéristiques entre ces deux softwares sont les suivantes :

- La **première version** (la plus ancienne) donne une grande liberté à l'utilisateur (le médecin, le kinésithérapeute) en permettant de faire n'importe quel type de test à n'importe quel instant.

Par exemple : faire 10 mouvements de flexion/extension avec une résistance de 50% de la force maximale.

- La **seconde version**, très rigide, conduit l'utilisateur d'un type de test à l'autre, selon un protocole pré-déterminé où l'ordre et la longueur des tests sont définis. Le clinicien ne peut pas faire un seul test, recommencer un test, arrêter la procédure d'enregistrement des tests avant la fin.

Les thérapeutes optent plutôt pour la première version du logiciel car celle-ci leur donne plus de liberté

2.2.2. Description des étapes du protocole

Le protocole est décrit dans [SZP92b] :

1. Le patient est placé à l'intérieur du système de contrainte du dynamomètre qui consiste en des harnais et des stabilisateurs qui peuvent être ajustés pour fournir un certain confort autour du tronc et du bassin.

2. Un point de départ reproductible est déterminé et le protocole d'évaluation est initié. Un ensemble d'instruction sur l'évaluation est donné au patient.

On demande au patient de faire des mouvements de flexion (au niveau du dos) et d'extension, de se courber latéralement d'un côté à l'autre et de faire des rotations de gauche à droite, sans qu'aucune résistance ne soit appliquée. Au cours de ces manoeuvres le patient s'habitue au matériel.

3. Chacun des trois axes du dynamomètre sont bloqués pour déterminer le couple de forces isométrique dans chacun des trois plans (plan sagittal, plan latéral, plan de rotation).

On demande au patient d'exercer une résistance maximale contre un point fixe dans les trois plans. Les forces développées pendant cette partie du test serviront de base pour les résistances sélectionnées pour le test dynamique.

4. Les tests dynamiques sont faits avec, en général, 25% et 50% de la valeur isométrique. L'amplitude, la vitesse et le couple de force sont déterminés dynamiquement et simultanément pour chacun des trois axes à différents niveaux de résistance.

Par exemple, le sujet effectue 6 mouvements de flexion/extension dans le plan sagittal avec une vitesse maximale contre une résistance de 25% de leur force isométrique maximale. Durant ce mouvement principal, les mouvements secondaires dans les axes transversaux et frontaux sont enregistrés.

2.2.3. Résumé des données mesurées

Pour récapituler, 9 types de données sont disponibles après un test dynamiques. L'accélération peut-être calculée à partir de la vitesse.:

	lateral flexion (flexion latérale)	flexion/extension (flexion/extension)	rotation (rotation)
torque () (couple de force)	Lateral Flexion Torque (LF T)	Flexion/Extension Torque (FE T)	Rotation Torque (R T)
position (deg.) (position)	Lateral Flexion Position (LF P)	Flexion/Extension Position (FE P)	Rotation Position (R P)
velocity (deg./s.) (vitesse)	Lateral Flexion Velocity (LF V)	Flexion/Extension Velocity (FE V)	Rotation Velocity (R V)
acceleration (deg/s ²) (accélération)	Lateral Flexion Acceleration (LF A)	Flexion/Extension Acceleration (FE A)	Rotation Acceleration (R A)

tableau 2.1. : les 12 types de données

Les autres données qui sont mesurées sont les forces isométriques maximales pour le torque, la position et la velocity.

2.2.4. Applications pratiques

Ces applications sont décrites dans [SZP92b] :

- **Objectivation du déficit fonctionnel, prescription de la kinésithérapie et suivi du traitement**

L'examen sera utile pour objectiver la réalité d'un éventuel déficit fonctionnel. L'étude des forces de concentration isométriques et surtout des vitesses de mouvements permettra de déterminer la nature et la localisation de ce déficit et de prescrire une rééducation de manière optimale. Les examens de contrôle permettront d'évaluer l'efficacité du traitement et de conserver la motivation du patient.

- **Evaluation du retentissement fonctionnel de certaines lésions rachidiennes**

La relation de certaines lésions rachidiennes avec des plaintes lombalgiques n'est pas toujours évidente à établir. Il en est ainsi des débords discaux postérieurs et des syndromes des facettes articulaires. L'évaluation fonctionnelle peut aider à établir la participation de ces lésions dans des plaintes et dans certains cas, d'orienter la thérapeutique.

- **Evaluation de l'efficacité de divers traitements**

Une méthode objective mesurant le gain de fonction est intéressante pour évaluer l'efficacité de divers traitements dans la lombalgie. On a ainsi démontré l'efficacité de courtes périodes de repos dans les lombalgies aiguës, l'inutilité de combiner le laser à la rééducation dans les lombalgies chroniques et l'effet positif d'un anti-inflammatoire non stéroïdien dans le traitement du lumbago.

- **Applications médico-légales**

L'évaluation du dommage corporel dans les affections lombalgiques pose des problèmes importants quant à la réalité des plaintes et au retentissement fonctionnel tangible de diverses lésions. L'évaluation fonctionnelle permet de déterminer la collaboration du patient lors de l'examen et, si celle-ci est bonne, de déterminer avec une certaine précision l'importance du handicap fonctionnel.

- **Applications en médecine du travail**

La lombalgie est une des maladies professionnelles les plus courantes. L'évaluation fonctionnelle permet de donner des indications d'ergonomie et de validation spécifiques.

2.3. Le graphe de flexion/extension position vs flexion/extension velocity

[KEL93] ont remarqué que le graphe cartésien, avec en ordonnée la position et en abscisse la vitesse, donne des courbes assez remarquables. Il semblerait qu'à chaque courbe pourrait être associée une catégorie de pathologie.

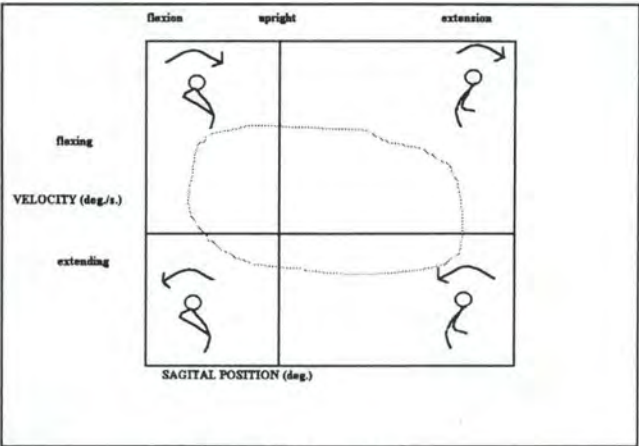


fig 2.4 . : FEP vs FEV

2.4. L'information recueillie par la B200 et son traitement dans le système existant

2.4.1. Schéma conceptuel des données

- Description des entités

Patient

attributs	description	
nom	nom du patient	[obligatoire]
prénom	prénom du patient	[obligatoire]
id	numéro de sécurité sociale du patient	[obligatoire, identifiant]
date_naissance	date de naissance du patient	[obligatoire]
sexe	sexe du patient	[obligatoire]

Test

attributs	description	
cat_test	catégorie du test	[obligatoire, identifiant avec le rôle passe]

cat_diagnostic
données

- catégorie du diagnostic
- "calibration channel information" $y = mx + p$ avec comme données : m = slope et p = intercept pour LF, F/E, R,
- les valeurs max et min pour chaque mesure LF, F/E, R et
- données dynamiques

[facultatif]
[obligatoire]

Histoire médicale

<i>attributs</i>	<i>description</i>	
âge	âge du patient	[obligatoire]
<i>date_accident</i>	date de l'accident qui a causé les troubles	[facultatif]
taille	taille du patient lors du test	[obligatoire]
<i>poids</i>	poids du patient lors du test	[obligatoire]
<i>niveau d'occupation</i>	niveau d'occupation du patient à l'époque du test	[facultatif]
<i>niveau d'activité</i>	niveau d'activité du patient lors du test	[facultatif]

Ce type d'entité est identifié par le rôle *est caractérisé par*.

Médecin

<i>attributs</i>	<i>description</i>	
<i>nom</i>	nom du médecin	[obligatoire, identifiant]

• Les domaine de valeurs

Les domaines de valeurs pour le niveau d'activité, le niveau d'occupation, la description des traitements, catégories de diagnostic sont mis en annexes 8.2.

- Le schéma E/R

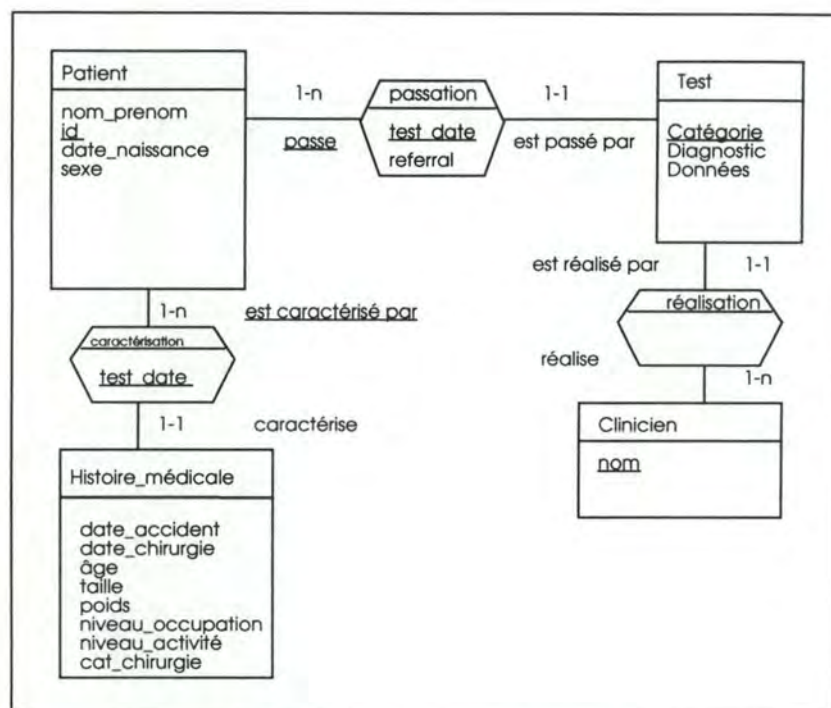


fig 2.5. : Schéma conceptuel des données

2.4.2. Recueil des données

Cette fonctionnalité est décrite au point 2.2.2 : les données sont recueillies à l'aide d'un logiciel relié, via un convertisseur analogique/digital, à l'isostation.

2.4.3. Stockage des données brutes²

2.4.3.1. Description de la base de données

La base de données actuelle est composée des fichiers suivants : index.pat, index.fil, b2*.val, b2*.rep, b2*.dat qui sont créés lors de la phase de recueil des données.

- **index.pat (92 bytes)**

Le nom du patient et son ID sont stockés dans un fichier d'un enregistrement .

²Cette description a été fournie par Isotechnologies et est confidentielle

	nom donné par isotechnologies	description
nom du patient	Name	35 caractères (1 à 35)
identificateur	ID	9 caractères (36 à 44)

tableau 2.2. : index.pat

- **index.fil (2 bytes)**

Ce fichier contient un entier qui représente le nombre de tests dans le répertoire du patient.

	nom donné par isotechnologies
nombre de tests	NumTest

tableau 2.3. : index.fil

- **b2*3.val (744 bytes) : informations "démographiques" relatives au patient et informations sur le test**

description	nom donné par isotechnologies	début	longueur	description
Nom du patient	Name	1	35	caractères
Identifiacteur (souvent le numéro de sécurité sociale)	ID	36	9	caractères
Date de naissances du patient	Birth date	45	7	caractères 10 NOV 66
Age du patient	Age	52	2	caractères 16
Sexe du patient	Sex	54	1	caractères M ou F
Taille du patient (Ft. + in. : pied et pouce)	Height	55	5	caractères 1 car. pour feet et 4 pour les inches
Poids du patient	Weight	60	3	caractères 180
Date de l'accident	Injury Date	63	7	caractères 1 NOV 86
Date de l'intervention chirurgicale	Surgery Date	70	7	caractères 10 OCT 86

³ L'astérisque suffixe du nom du fichier représente le numéro de test.

Date du test	Test Date	77	7	caractères 18 NOV 86
La catégorie du test	Test Description Category	84	4	nombre enregistré sous forme de caractères
La catégorie de diagnostic	Diagnostic Category	88	8	nombre enregistré sous forme de caractères
La catégorie de la chirurgie	Surgical Category	96	8	nombre enregistré sous forme de caractères
Le niveau d'occupation	Occupational Level	104	3	nombre enregistré sous forme de caractères
Le niveau d'activité	Activity Level	107	2	caractères
Le nom de la personne qui envoie le patient	Referral	109	35	caractères
Nom de la personne qui a fait passer les tests	Administred By	109	35	caractères
Ligne de commentaires (non utilisée)	Comments	144	565	caractères

tableau 2.4.. : b2*.val

- **b2*.rep (720 bytes) : "repetition data" qui sont des données "techniques" relatives à un test**

Chacune des données est un réel représenté en 6 bytes.

description	nom donnée par la technologie
/	TestInfo (7 informations)
nombre d'échantillons	Total of sample
nombre de répétitions du test	Number of repetition
	LastHalf
Nombre d'enregistrements de 128 bytes (utilisé pour lire les données brutes)	Num128Bytes

Information de calibration ⁴ des mesures (slope and intercept for calibration)	Slope Intercept
Maximum et minimum des valeurs pour chaque mesure	MaxValue MinValue
Axe principal	PrimaryAxe

fig. 2.5. : fichier b2*.rep

- **b2*.dat (+/-25000 bytes) : "raw data" qui sont des informations brutes et dynamiques pour un test et pour les quatre mesures (= 128 bytes records)**

Il existe 9 mesures qui sont les suivants :

1. Lateral Flexion Torque
2. Lateral Flexion Position
3. Flexion/Extension Torque
4. Flexion/Extension Position
5. Rotation Torque
6. Rotation Position
7. Rotation Velocity
8. Flexion/Extension Velocity
9. Lateral Flexion Velocity

- **Organisation de ces fichiers**

Chaque patient possède un directory qui porte comme nom son numéro ID. Dans ce directory sont rangés tous ses tests (b2*.*) et le fichier index.fil.

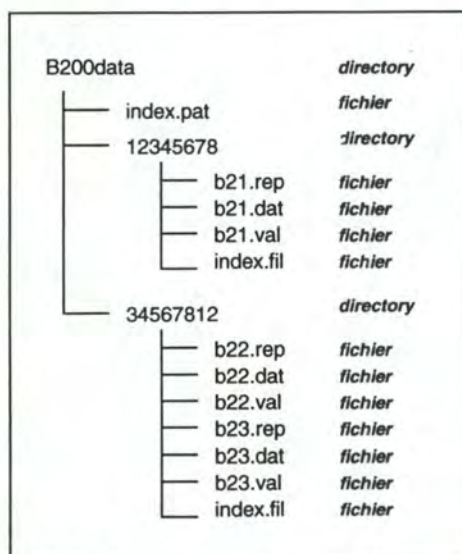


fig 2.6. : Organisation des fichiers

⁴y= mx + p avec slope = m et intercept = p

- **Les cinq fichiers de valeurs de domaine**

Qui sont des listes de diagnostics, d'employeurs, de testeurs, de types de travail et de x-ray prédéfinies et qui peuvent être complétées. Une description par l'exemple est donnée ci-après :

1. **diagnos.dat**

1,LBP
2,Fx L1
3,Unknown
•

2. **employer.dat**

1,INGRAM
2,JMZ
•

3. **tester.dat**

1,JSW
2,JLR
3,...
4,...
5,...
6,...
7,...
8,...
.
.
.
33,...
•

4. **worktype.dat**

1,GENERAL MANAGER
2,DECKHAND
•

5. x-ray.dat

1,WNL
2,DDG
.

2.4.3.2. Critique du mode de stockage

- **Les avantages**

L'avantage du mode de stockage est la transportabilité des résultats d'un test. En effet, trois fichiers (b2*.rep, b2*.dat, b2*.val) suffisent pour obtenir tous les résultats relatifs à un test et les données personnelles d'un patient. Ces trois fichiers ne prennent qu'environ 27000 bytes. On peut donc mettre un test sur un support transportable comme une diskette.

- **Les inconvénients**

Redondance d'informations

Un patient peut passer plusieurs tests le même jour et pour ce jour les données personnelles sont évidemment inchangées. Pourtant ces données personnelles sont stockées pour chaque test. Le problème est que dans le fichier b2*.val, des données personnelles et des données relatives au test sont agrégées. Il aurait fallu faire un fichier de données personnelles seules pour éviter cette redondance d'informations.

L'âge du patient lors du test est stocké, alors qu'il est calculable à partir de la date du test et sa date de naissance.

Le réels en 6 bytes du fichier b2*.rep

Ce mode de représentation des réels n'est pas un mode standard. Ce choix, malgré qu'il fasse gagner de la place de stockage, est à l'origine d'un problème de traduction en mode standard (8 bytes). Seul le langage PASCAL permet de lire ce fichier. Ainsi le module de lecture de ce fichier devra être écrit en PASCAL ou appeler une routine écrite en PASCAL.

Le fichier Index.fil

L'entier contenu dans ce fichier est une donnée purement technique dont on peut aisément se passer.

Le fichier index.pat

Ce fichier qui fait le lien entre le répertoire d'un patient et son nom ne doit absolument pas être altéré. Si ce fichier est altéré, un ensemble de tests du patient devient inaccessible. Cette situation a déjà été rencontrée.

2.4.4. Le logiciel Bsave2⁵

2.4.4.1. Description des fonctionnalités

Nom des fonctionnalités	Description des fonctionnalités
Preview Test Summary.	Permet à l'utilisateur de visualiser et de changer les données personnelles d'un patient.
Print Test Summary.	Imprime un résumé de 2 pages de données isométriques et isoinertielles d'après un format spécifié par l' ⁶ AACVU.
Save ASCII Data.	Crée un fichier ASCII qui contient 9 colonnes de données de position, vitesse et couple de force. Crée un fichier ASCII qui contient la moyenne, la déviation standard et le coefficient de variation.

⁵Ce logiciel a été développé par Tony Keller

⁶Ability Assessment Center at Vanderbilt University

Ensemble average.

Les données brutes et dynamiques sont interpolées selon un polynôme de Lagrange, sont moyennées et la SD est calculée. La moyenne et la moyenne \pm SD sont ensuite affichées sous forme de graphe cartésien.

On peut normaliser les axes X Y sur une échelle de 0 à 100%.

Display dynamic data (polar plot).

Affiche un graphe à coordonnées polaires (FEP vs FEV).

Display dynamic data (cartésien plot).

Affiche un graphe cartésien à 2 dimensions qui a la position, la vitesse ou le couple de force comme axes. Affiche 3 graphes où position, vitesse et couple de force sont en ordonnée et le temps qui est en abscisse.

Stick figure plot.

Affiche 3 bâtons en mouvement qui représentent le patient dans son mouvement primaire et dans les 2 axes secondaires.

2.4.4.2. Critique de l'existant (IHM)

Ce logiciel n'utilise pas la souris comme moyen d'interaction avec le programme, seules les touches du clavier sont utilisées.

- **Le menu principal**

Le menu principal est un menu plein écran qui reprend la liste des fonctionnalités disponibles. Les items de ce menu ne sont pas groupés en types de fonctionnalités alors que ceci aurait été possible (On peut grouper ce qui concerne les impressions et les sauvetages sur fichier, ce qui concerne les données dynamiques brutes et ce qui concerne les données dynamiques interpolées). On y observe aussi plusieurs éléments n'appartenant pas à la tâche

(nom de directory p.ex. qui est un renseignement 'technique'). Dessin en annexe 8.3.

- **Import data file**

La fonctionnalité **Import Data File** permet de sélectionner un patient (cfr. annexe 8.3) et ensuite un de ses tests (cfr. annexe 8.3). Son utilisation est beaucoup trop complexe. Pour choisir un test, il faut en donner le nom du fichier sur lequel il se trouve et nom le nom du test. Les écrans sont surchargés d'informations qui n'appartiennent pas à la tâche de l'utilisateur (p.ex. le nom du fichier sur lequel se trouve le test cfr. annexe 8.3). Après avoir choisi un test , des informations agrégées sont visibles à l'écran (cfr. annexe 8.3) mais leur défilement est incontrôlé alors qu'elles peuvent être utiles à l'utilisateur.

- **Preview Test Summary**

C'est une présentation sur écran du d'un formulaire-résumé (summary) dont certains champs sont remplis automatiquement et changeables. D'autres sont à remplir par le clinicien alors qu'ils pourraient l'être par le programme. Dessin en annexe 6.4.

- **Print Test Summary**

La fonctionnalité **Print Test Summary** envoie le formulaire-résumé (summary) à l'imprimante sans retour d'information ni de possibilité de le visionner à l'écran auparavant. Dessin en annexe 8.4.

- **Save ascii Data**

La fonctionnalité **Save ascii Data** envoie des informations sur un fichier sans en permettre la vision à partir du logiciel. L'utilisateur n'est pas prévenu de la bonne fin ou de l'échec de l'opération. Dessin en annexe 8.3.

- **Données brutes**

L'écran de la fonctionnalité **Display Dynamic Data (Cartesian Plot)** est surchargé de graphes (cfr. annexe 8.3). L'utilisateur souhaite pourtant les visionner tous ensemble. Le menu qui permet de choisir les données qui seront en abscisse et en ordonnée est un ensemble d'abréviations qu'un utilisateur expert anglophone connaît (cfr. annexe 8.3). L'utilisation de ce menu n'est pas très simple. Le nom du directory contenant le test est affiché au milieu de l'écran bien qu'il ne soit d'aucune utilité. Une graduation des graphes et un curseur qui donneraient la position d'un point sur le graphe seraient utiles pour l'utilisateur.

La fonctionnalité **Display Dynamic Data (Polar Plot)** affiche un graphe très "joli" mais dont l'interprétation n'a pas encore été trouvée. Dessin en annexe 8.3.

La dernière fonctionnalité **Stick Figure Plot** (cfr. annexe 8.3) est une représentation dynamique du mouvement, on y voit le mouvement du patient sur une échelle graduée. La place du menu et de certaines informations n'est cependant pas toujours satisfaisante.

- **Données interpolées**

Dans la fonctionnalité **Ensemble Average** (cfr annexe 8.3), l'utilisation de l'écran semble optimale mais les menus *display option* et *cursor position* ne sont pas très clairs, la ligne d'utilisation du curseur devrait être placée sous la fenêtre de droite. De plus, des informations pertinentes telles que le nom du patient ne sont pas visibles. Le type de test est lui bien visible. Une graduation des graphes et un curseur qui donneraient la position d'un point sur le graphe seraient utiles pour l'utilisateur.

3. SIAD et diagnostic médical

3.1. La problématique du diagnostic médical

3.1.1. Introduction

La stratégie du médecin repose sur des appréciations subjectives, donc différentes d'un clinicien à l'autre. Il faut connaître la démarche du clinicien pour pouvoir l'aider. Une analyse de cette démarche nous permettra de déterminer les différentes étapes du diagnostic, de déterminer quels sont les outils nécessaires aux praticiens, de trouver les lieux où l'informatique peut être un de ses outils.

3.1.2. L'histoire d'une pathologie

Comme toute pathologie a une histoire, la connaissance de cette histoire est un facteur important dans la recherche d'un diagnostic et dans la prescription d'un traitement. La fig 3.1. qui suit donne une brève description de cette histoire [FEI92].

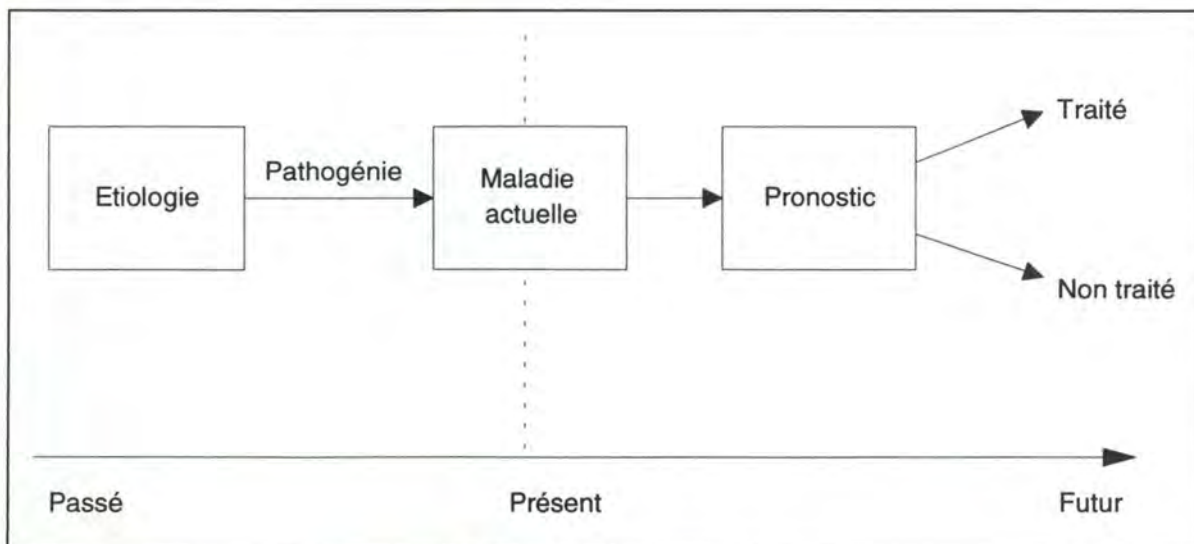


fig 3.1. : Histoire d'une pathologie

Etiologie: causes originelles de la maladie.

Pathogénie: la manière (le chemin) dont la maladie se développe à partir de ses causes, de l'étiologie.

Diagnostic: détermination de l'étiologie.

Traitement: formulé pour les maladies identifiées et leurs causes avec comme but de guérir.

Pronostic : prévision de l'évolution de la maladie.

3.1.3. Le diagnostic médical comme processus actif

Le raisonnement diagnostic est un traitement d'information : mais comment l'information se transforme-t-elle en diagnostic?

3.1.3.1. Des définitions de diagnostic

" La médecine est une science et un art de la décision en présence de critères multiples et subjectifs. C'est la rationalité qui sous-tend cette décision. " [ALP83]. Beaucoup de définitions de l'action de diagnostic existent.

- *Définition 1 :* " **processus** et art d'utiliser des méthodes scientifiques pour éclairer toute l'étendue des problèmes qui influencent une personne malade. Cela comprend la **collecte de toutes les données** nécessaires et leur évaluation critique . Cette collecte réunit des données provenant de sources diverses. " [ALP83].
- *Définition 2 :* " **processus cognitif dynamique** qui s'intéresse fondamentalement au recrutement de **preuves** pour tester une **hypothèse** donnée. " [MAR73].
- *Définition 3 :* " le diagnostic procède par sélection d'un nombre d'**hypothèses** de diagnostic comme buts possibles, et alors teste pour **vérifier** si une ou plusieurs des hypothèses sélectionnées peuvent être justifiées. " [DOR80].
- *Définition 4 :* " résultat d'un processus de concordance des données d'un patient avec les **connaissances médicales**. " [RID84].
- *Définition 5 :* " le diagnostic d'une maladie donnée est fait par comparaison des **symptômes** et de **résultats cliniques** d'un patient avec les **connaissances de l'examineur**. " [RID84].
- *Définition 6 :* " le problème de la résolution d'un diagnostic est un **raisonnement** basé sur des **séquences d'étapes d'explications** et de **vérifications** marquées par des **hypothèses** successives. " [DOR80].
- *Définition 7 :* " le diagnostic médical peut être vu comme un problème de **formation d'hypothèses**. La tâche de diagnostic comporte l'utilisation de **découvertes cliniques** pour former un ensemble consistant **d'hypothèses** de

maladies. (Ce n'est pas sélectionner une maladie à partir d'un ensemble fixe de maladies possibles. Ces hypothèses sont typiquement reliées ensemble de manières différentes.) " [ENC80].

On relève quelques **mots clés** : processus (raisonnement), collecte des données (symptômes, résultats cliniques), hypothèses, preuves, connaissances (médicales). Ces mots-clés vont retenir notre attention pour la suite de notre analyse.

3.1.3.2. Description du processus

Il y a quatre parties principales à la prise de décision médicale [ALP83], [SHO76] :

1. Le recueil des faits.
2. Le diagnostic.
 - Le tri et la formation des concepts.
 - Formation des hypothèses.
 - La formulation du diagnostic.
3. Le pronostic.
4. La recommandation de traitements.
 - Le choix d'une démarche thérapeutique.
 - L'effet du traitement sur l'état de santé du malade.

Le dossier médical (medical record) du patient et les connaissances médicales du praticien occupent une place importante dans le processus.

• Recueil des faits

- L'étape fondamentale est l'interrogatoire, mais il faut faire la part du bruit et de l'information [ALP83].
- Les données cliniques recueillies sont de deux types ([DOR80]):
 1. symptômes: sensations subjectives rapportées par le patient.
 2. signes: qui sont objectifs et observables par le médecin.
- L'information sur laquelle se base le thérapeute lors du continuum diagnostic-pronostic-traitement prend appui sur ([DOR80]):
 1. les faits obtenus de l'histoire du patient, sa santé, ses accidents, ses opérations, ses maladies, son histoire médicale.
 - maladie présente.
 - histoire passée (dossier médical).

2. les faits obtenus d'un examen physique.

- inspection.
- palpation : "méthode d'investigation clinique fondée sur la sensibilité tactile et sur la sensibilité proprioceptive (sens des pressions et des résistances aux muscles)" [ENC80].
- percussion : "méthode d'exploration clinique qui consiste en frappant sur un endroit du corps à en apprécier la sonorité" [ENC80].
- auscultation : "écouter les bruits normaux ou anormaux produits par certains organes" [ENC80].

3. les données obtenues par des examens de laboratoire routiniers et par des tests spéciaux.

- diagnostic de laboratoire.
- utilisation des radiations dans le diagnostic.

" La valeur subjective attribuée par le patient à son état physique peut varier très largement d'un individu à l'autre et pour un même individu au cours de sa vie. Il convient d'y être attentif " [ALP83].

•Diagnostic [Tri et formation des concepts]

A partir des faits recueillis, à la lumière de connaissances des principes d'anatomie, de physiologie, de pathologie, on peut découvrir les concepts suivants: les causes des troubles, les lésions pathologiques et le processus de désordre qui maquille la maladie du patient [ENC80],[DOR80].

•Diagnostic [Formation des hypothèses]

[RID84] dégage deux démarches classiques pour la phase de formation des hypothèses:

- Démarche déductive : Le médecin commence avec de larges classes de phénomènes pathologiques et affine son travail en vue d'arriver à une entité-maladie bien limitée apte à être testée et évaluée.
- Démarche inductive : Le médecin à partir d'une entité-maladie qu'il pense être celle dont souffre le patient, recherche des preuves.

Le plus souvent, le diagnostic différentiel est déterminé par évaluation de probabilités que, avec les symptômes présents, le patient ait une maladie donnée et non une autre qui n'est pas entièrement écartée [MAR73].

D'un étalage d'hypothèses possibles, le diagnostic correct est isolé, choisi comme celui ayant le meilleur ajustement avec les découvertes.

- **Diagnostic [formulation du diagnostic]**

C'est le moment où le praticien donne un nom à l'étiologie, à la cause de la maladie. La première décision du médecin: juger que l'examen clinique est terminé. Pour [ALP83], deux situations sont alors possibles :

1. *Première éventualité*: par l'interrogatoire et l'examen clinique, le médecin a acquis à la fois la certitude du diagnostic et les éléments lui permettant de choisir éventuellement entre différents protocoles thérapeutiques.
2. *Seconde éventualité*: l'interrogation et l'examen clinique n'ont pas permis d'atteindre la certitude du diagnostic: alors soit le médecin propose au malade un traitement en dépit de l'incertitude; soit il essaye de réduire cette incertitude en faisant appel à des examens complémentaires.

Il convient de noter que si un diagnostic précis n'est pas toujours indispensable, il faut cependant restreindre suffisamment le champ des hypothèses pour que le choix d'une action thérapeutique soit possible.

- **Le pronostic**

On définit le pronostic comme étant la prévision de l'évolution de la maladie. La logique de cette décision se situe au niveau de l'appréciation de la gravité d'une possible erreur de traitement [ALP83].

- **Le choix d'une démarche thérapeutique [Le traitement ou le non traitement]**

Le diagnostic est précurseur du traitement, lequel est basé sur une compréhension du diagnostic et du pronostic.

Mais les connaissances médicales sont incomplètes et ce n'est pas toujours possible de déterminer la cause d'une maladie. Dans ce cas, les traitements doivent être basés sur l'association empirique des caractéristiques d'une maladie et sur la manière dont elles répondent au traitement.

Dans certains cas, le clinicien estime qu'il ne faut pas traiter le patient parce que la pathologie ne nécessite aucun traitement ou qu'aucun traitement ne peut améliorer l'état du patient.

- **Le choix d'une démarche thérapeutique. [L'effet du traitement sur l'état de santé du malade]**

C'est le suivi médical du patient, on observe les effets du traitement prescrit sur la maladie. Que ce soit une évolution vers la guérison, une stagnation ou une aggravation de la maladie.

• Le 'medical record' (le dossier médical)

Tout au long du processus de diagnostic, des informations sont recueillies (voir recueil des faits) et des traces sont gardées. C'est une étape d'établissement d'archives médicales (medical record) à partir desquelles une estimation du pronostic est faite et le diagnostic est réalisé.

Les **archives médicales** sont un continuum de notes (enregistrement écrit, dactylographié, électronique) relatives aux éléments suivants ([SHO76]):

- ☐ l'histoire médicale de la santé et de la maladie d'une personne,
- ☐ les découvertes de l'examen physique,
- ☐ les rapports des tests de laboratoire,
- ☐ les résultats d'examens spéciaux,
- ☐ les découvertes et opinions de consultants.

Les données importantes sont codifiées et un récapitulatif des données, triées suivant leur niveau de signification, est réalisé. Ces notes doivent être brèves, précises et à jour. Le **but** étant:

- ☐ d'assister toutes les personnes responsables pour les soins et les traitements.
- ☐ de faire des notes d'enseignement.
- ☐ de rassembler des documents pour la recherche clinique [WES84].
- ☐ de collecter des documents qui sont des critères pour les plaintes auprès des assurances.

L'histoire médicale du patient ([SHO76]):

- ☐ la santé générale.
- ☐ les maladies spécifiques.
- ☐ les hospitalisations.
- ☐ les opérations et accidents.
- ☐ l'histoire sociale.
- ☐ l'histoire familiale.
- ☐ une revue systématique des organes du corps.
- ☐ une revue systématique des systèmes fonctionnels identifiables du corps.

D'autres informations sont stockées lors du processus de diagnostic, il s'agit du diagnostic formulé et des résultats des traitements sur l'évolution de la maladie.

- **Les connaissances médicales**

[FEI92] distingue deux types de connaissances médicales:

1. les connaissances générales des maladies, incluant les manifestations, les mécanismes qui en sont la cause, et les procédures de diagnostic.
2. les connaissances spécifiques concernant le patient incluant son histoire médicale actuelle et ses thérapies médicales actuelles.

3.1.3.3. Le modèle

Comme on l'a remarqué, il y a quatre parties principales à la prise de décision médicale:

1. la collecte des données qui consiste à obtenir l'histoire du patient, les données cliniques et les données en provenance de laboratoire.
2. le diagnostic qui est un processus d'utilisation des données pour déterminer la maladie.
3. Le pronostic.
4. la recommandation de traitements.

Les quatre phases ne sont pas indépendantes car:

- les résultats du diagnostic de maladies sont utilisés pour diriger la collecte future d'informations.
- les recommandations de traitement dépendent du diagnostic.
- les recommandations de traitement nécessitent plus de collectes d'informations.

Ces étapes sont schématisées dans la fig. 3.2. de la page suivante.

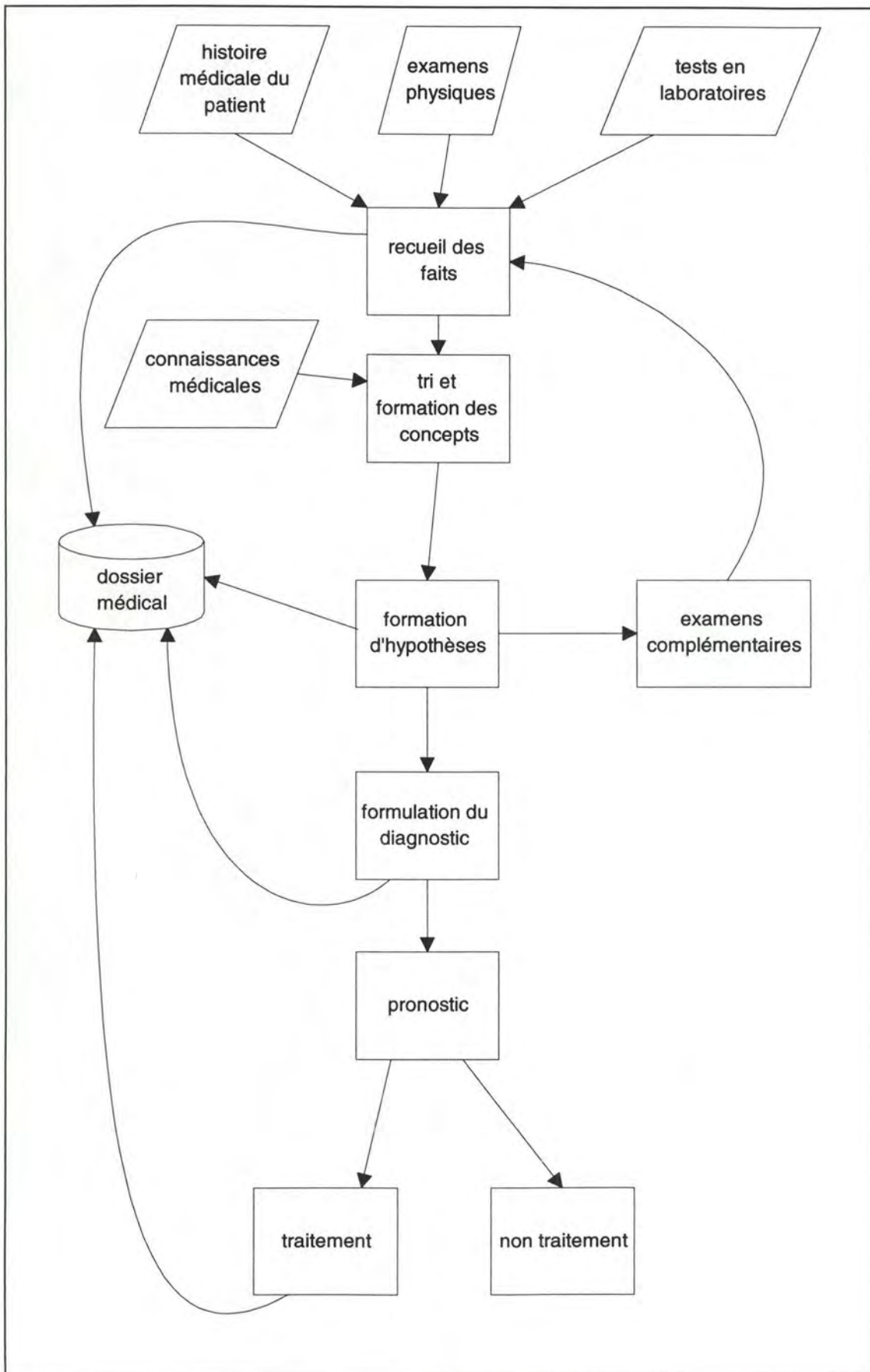


fig 3.2. : processus de diagnostic médical

3.1.4. Comparaison du processus de décision d'un médecin avec la procédure de décision rationnelle de Mintzberg⁷

Le processus de décision d'un médecin sera décomposée en 2 parties : la décision d'un diagnostic et la décision d'un traitement pour le patient. Ces deux processus de décision peuvent être comparés avec le processus de décision rationnel de Mintzberg.

Mintzberg décompose le processus de décision rationnel en 3 phases : la phase d'identification, la phase de développement et la phase de sélection.

Tout comme chez Mintzberg, après chaque phase du processus de décision du médecin, on peut avoir un feed-back vers une phase précédente si il s'avère que les informations pour réaliser la tâche sont insuffisantes.

3.1.4.1. Décision d'un diagnostic

- Phase d'identification

Procédure de perception

La **perception** est liée à l'existence d'une différence entre l'information relative à une situation réelle et celle qui concerne la valeur prévue d'une situation attendue.

Les **stimuli** peuvent être différenciés en fonction du contexte décisionnel : décision périodique, problème non périodique, décision d'opportunité et décision de crise.

Processus de diagnostic

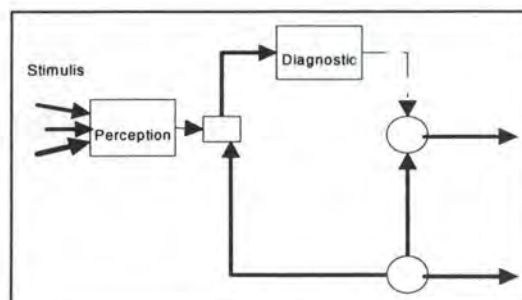


fig 3.3. : phase d'identification

⁷Les explications concernant le processus de décision rationnelle de Mintzberg sont tirées de [BOD93]

Cette procédure consiste à rationaliser les éléments dégagés lors de la **perception** : symptômes apparents, symptômes profonds, causes profondes, effets, acteurs...

Processus de diagnostic médical

La phase d'identification de Mintzberg s'apparente au recueil des faits ainsi qu'au tri et formation des concepts. En effet, à partir du stimulus qu'est la visite du patient et à partir du recueil de l'histoire médicale du patient et/ou de résultats d'examens physiques et/ou d'un ensemble de résultats de tests de laboratoires, le clinicien dégage un ensemble de concepts qui sont le tri et la rationalisation des éléments recueillis lors de la phase de recueil des faits.

Le recueil des faits est différent de la perception : c'est un sous-ensemble de la phase de perception. Pour que le recueil des faits corresponde à la perception, il faudrait le faire précéder d'un phase d'accueil du patient qui correspond à un stimulus de type situation de crise pour le patient.

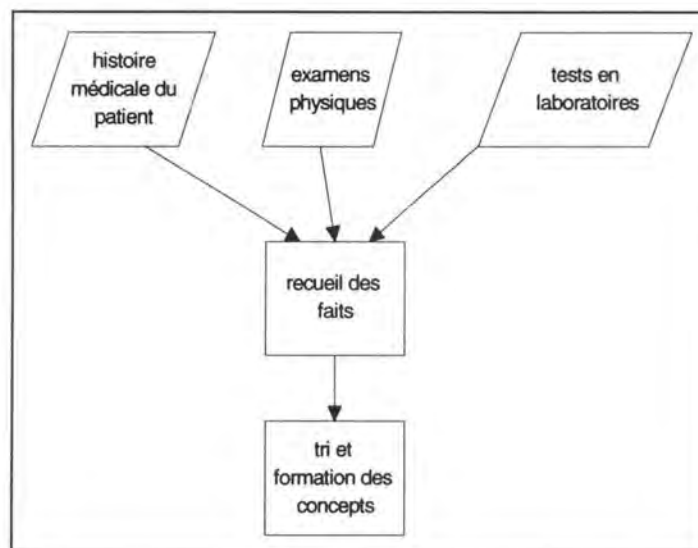


fig 3.4. : processus de diagnostic médical, recueil des faits & tri et formation des concepts

La phase de tri et formation des concepts correspond à la procédure de diagnostic chez Mintzberg. Comme pour la procédure de diagnostic qui cherche à rationaliser les symptômes apparents, les symptômes profonds, les causes profondes, les effets..., la phase de tri et formation des concepts cherche à découvrir les causes des troubles, les lésions pathologiques et le processus qui maquille la maladie du patient.

- **Phase de développement**

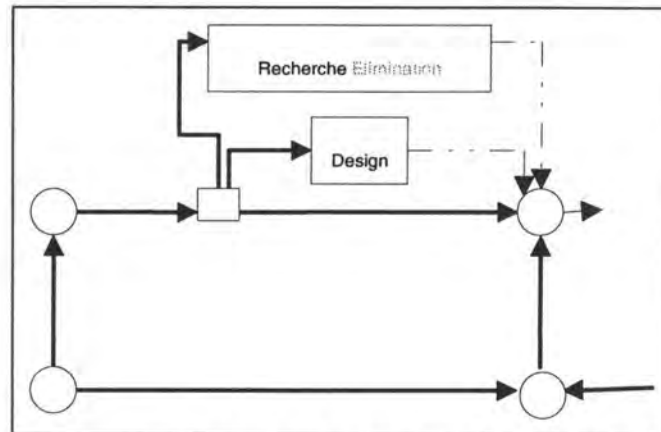


fig 3.5. : phase de développement

Procédure de recherche

Elle est invoquée pour trouver des solutions prêtes à l'emploi, des solutions aisément adaptables. Quatre types de comportement de recherche sont identifiés: explorer la mémoire de l'organisation, la recherche passive (attendre la survenance d'alternatives non sollicitées), l'activation d'un "générateur de recherche" pour produire des propositions de solutions et la recherche active (exploration directe d'alternatives). Ces comportements ne sont pas exclusifs.

Procédure de design

Celle-ci est utilisée soit pour adapter des solutions pré-existantes, soit pour construire des solutions sur mesure.

Processus de diagnostic médical

Après la phase de développement, une solution ou un ensemble de solutions sont trouvées. Dans le processus de décision médicale, la formation des hypothèses donne un ensemble de pathologies possibles ou une pathologie. Une demande d'informations complémentaires peut être nécessaire comme chez Mintzberg lors d'un feed-back vers la perception.

La formation d'hypothèses correspond à une recherche active ou/et à l'activation d'un générateur de recherche si il s'agit d'une pathologie reconnue par le médecin. Si celui-ci n'a pas reconnu la pathologie, il demandera des examens complémentaires. Si aucun résultat n'est finalement trouvé, une procédure de design peut être mise en route. Cette dernière solution est du ressort de la recherche médicale.

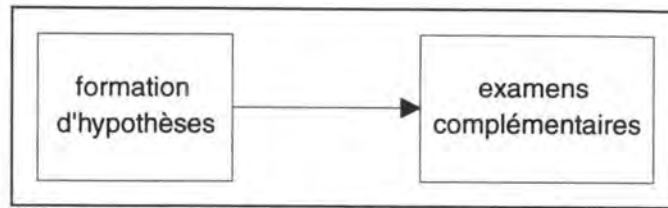


fig 3.6. : processus de diagnostic médical : formation d'hypothèses

• Phase de sélection

Procédure d'élimination

Complémentaire à la procédure de recherche, elle vise à éliminer les alternatives non réalisables.

Procédure d'évaluation-choix

1. *Jugement* : d'ordre subjectif
2. *Négociation* : dans le cas des décisions de groupe où il n'existe pas de consensus sur l'objectif à atteindre
3. *Analyse* : approche rationnelle où l'on valorise chaque alternative en fonction de critères bien définis

Cette procédure est itérative et peut engendrer des feed-back vers les phases antérieures.

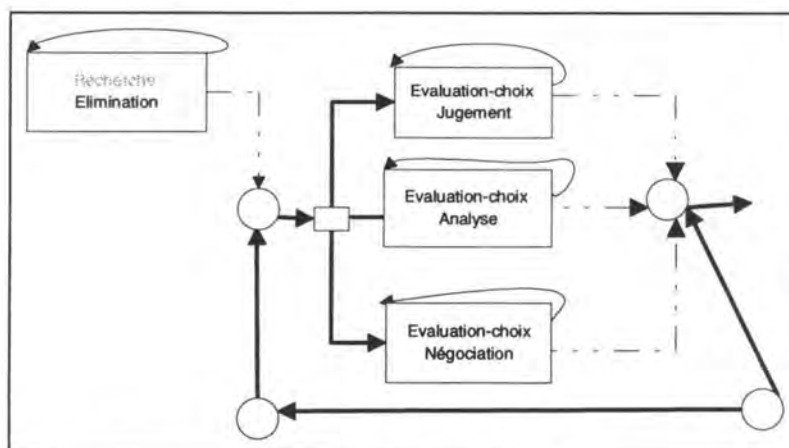


fig 3.7. : phase de sélection

• Processus de décision médicale

La formulation du diagnostic est le choix d'un nom pour la pathologie à partir de l'ensemble des hypothèses. C'est une évaluation-choix de type analyse (approche rationnelle où l'on valorise chaque alternative en fonction de critères bien définis).

3.1.4.2. Décision d'un traitement

Le pronostic correspond à l'estimation de l'évolution de la maladie choisie lors de la formulation du diagnostic. Cette phase du processus de diagnostic médical correspond aux phases d'identification et de développement avec comme stimulus le résultat de la formulation du diagnostic.

Ensuite, deux choix sont possibles : le traitement et le nom traitement qui correspond à une sélection. Au sein de la phase de traitement, il faudra sélectionner une thérapeutique pour le patient.

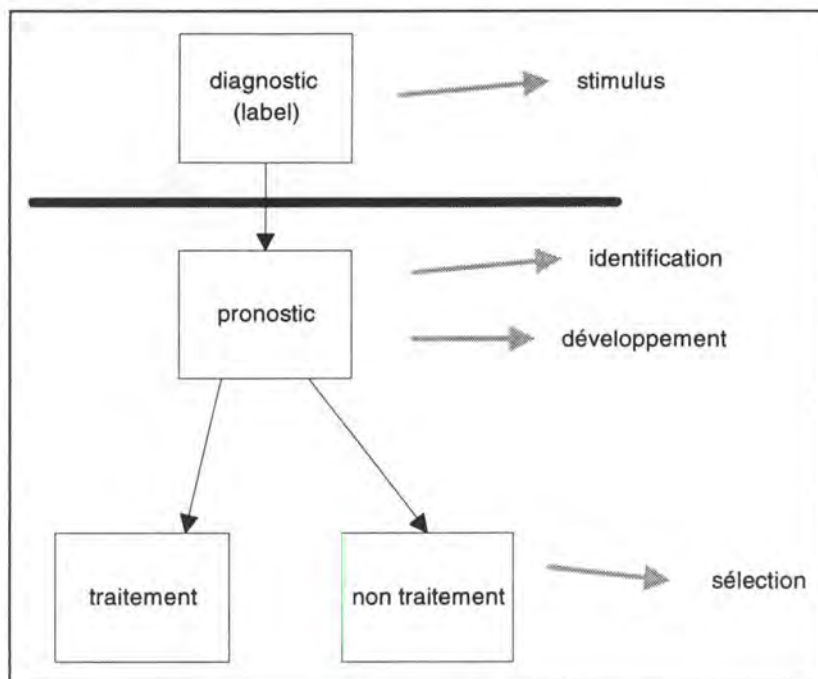


fig 3.8. : processus de décision médical : diagnostic, pronostic, traitement

3.1.5. Les sources d'erreurs dans le diagnostic médical

Plusieurs causes d'erreurs sont relevées [SHO76],[ALP83]:

- ❑ l'échec pour obtenir les informations disponibles à cause d'un relevé d'une histoire impropre,
- ❑ l'échec pour comprendre la signification d'une plainte subjective justement déduite d'un patient,
- ❑ des erreurs dans le système de communication utilisé pour l'enregistrement d'un patient, pour l'enregistrement des résultats d'un test, dans le libellé d'un échantillon ... ,
- ❑ l'erreur d'omission: lorsque le docteur oublie de poser une question ou de faire un examen et
- ❑ l'échec pour obtenir l'histoire car:

- différents critères existent parmi les médecins qui les recueillent.
 - omission de certains symptômes.
 - différentes manières de coder l'information.
- Un autre type d'erreur est l'extrapolation abusive de résultats recueillis sur de petits groupes à la population [SLA84].

3.2. Les SIAD et le diagnostic médical

La médecine moderne est devenue si complexe qu'aucun individu ne peut incorporer toutes les connaissances médicales.

La plupart des programmes d'aide au diagnostic sont consacrés à la formulation d'hypothèses de diagnostic, tâche dont ils s'acquittent avec des résultats aussi bons que ceux d'un clinicien expérimenté. Mais les problèmes que le médecin doit résoudre ne se limitent pas à l'énoncé d'hypothèses de diagnostic. Des programmes peuvent donner le diagnostic et une proposition de traitement, surtout lorsque le champ d'investigation pour le diagnostic est limité à un type de pathologie [ALP83].

Nous allons déterminer des lieux où un SIAD peut aider un médecin au cours du processus de diagnostic tel qu'il a été décrit dans la partie précédente.

Des impacts psychologiques et éthiques pour le médecin et le patient doivent être considérés car de ceux-ci dépendra aussi l'acceptation ou non du logiciel.

3.2.1. La prise de décision médicale assistée par ordinateur

On peut donner trois dimensions pour classer un système informatisé [SHO73].

3.2.1.1. Le mode d'interaction du programme

On peut déterminer 3 modes d'interaction entre le programme et l'utilisateur ([SHO73]):

1. **On-line mode** : direct avec interaction.
2. **Off-line mode** : direct sans interaction.
3. **Remote** : indirect avec interaction.

Un système direct avec interaction est appelé un programme de consultation. C'est le type de programme qui est de plus en plus développé grâce à l'évolution des technologies et parce qu'il est le mieux accepté par le personnel médical.

3.2.1.2. Le but du programme

Il y a au moins quatre types de programmes ([SHO73]):

1. Programme de diagnostic.
2. Programme de pronostic.
3. Programme de planification de traitement.
4. Programme éducatif.

Tout programme de décision a un effet éducatif potentiel s'il peut expliquer les bases de sa décision. Tout programme de pronostic ou de planification des traitements doit réaliser une partie du diagnostic du problème du patient (sauf si cette information est fournie par le médecin).

Cette classification correspond aux phases du processus de diagnostic. On pourrait y ajouter des gestionnaires de dossiers médicaux et des bases de connaissances médicales .

3.2.1.3. La méthodologie employée par le programme

- **La recherche de données comme aide à la décision**

La manière la plus simple de travailler pour un système de décision est de fournir des données déterminantes pour prendre la décision.

Un ensemble de données relatives au patient et à sa pathologie sont récoltées et stockées. Ce dossier médical peut alors être consulté par le médecin pour l'aider à procéder à (aux) étape(s) du processus de diagnostic. Pour cela il faut un SGBD avec un langage d'interrogation et une interface faciles à utiliser. Les tableurs sont aussi des outils utilisés pour traiter et analyser les données d'un patient ou d'un ensemble de patients. Le médecin peut ainsi agréger les données d'un ensemble de patients et faire des statistiques plus ou moins complexes sur un ensemble de données d'un patient ou sur un groupe de patients.([SHO73]).

- **La décision à partir de méthodes numériques**

Un nombre limité de champs dans la médecine sont si bien compris qu'ils peuvent être caractérisés par des formules mathématiques [SHO73]. Ainsi, des ordinateurs qui assistent dans les calculs et leur interprétation peuvent être fortement utiles.

- **Une approche probabiliste de la prise de décision**

La plupart des outils de prise de décision médicale assistée par ordinateur employés par les médecins utilisent les statistiques comme théorie de base pour leur prise de décision. Les méthodes appliquées vont du simple arbre de décision binaire aux probabilités conditionnelles.

- **Raisonnement dichotomique et arbre de décision binaire**

Description

Le raisonnement dichotomique est schématisé par un arbre binaire dans lequel chaque sommet intérieur représente une condition que le système analysé respecte ou non. Les conditions sont envisagées l'une après l'autre dans un ordre qui dépend du résultat de la condition qui précède. De proche en proche, le raisonnement parvient à cerner une solution [BEY85].

Son avantage est que lorsqu'il est mis sous forme de diagramme, il donne une approche algorithmique du diagnostic. De tels arbres peuvent être utiles pour visualiser un état particulier du patient et les paramètres cliniques qui doivent être vérifiés pour fixer un diagnostic et une pronostic [SHO73].

Le problème est que par son architecture, la méthode dichotomique postule une hiérarchie dans les conditions envisagées.

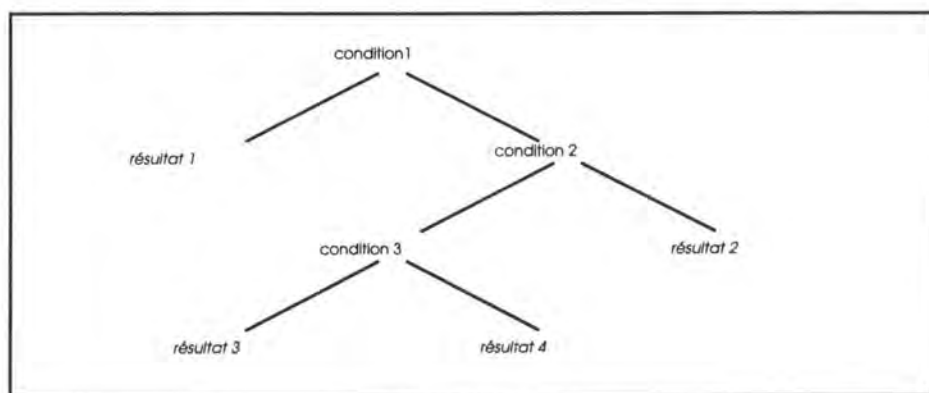


fig.3.9. : arbre binaire

Usage

Dans le cas de l'identification de tests biochimiques, les sommets intérieurs sont des tests biochimiques connus et on cherche à identifier des bactéries [BEY85].

Le problème dans ce cas est que le raisonnement dichotomique ne permet d'identifier que 65.5% des *Proteus Vulgaris*.

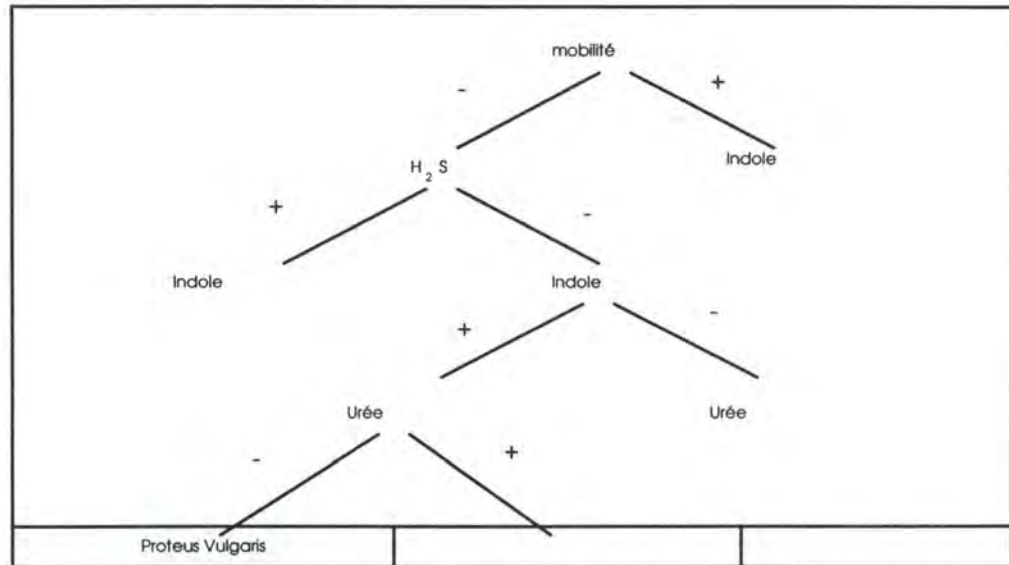


fig. 3.10 . : arbre binaire

□ Théorème de Bayes

Description

Cette technique est la plus utilisée dans le cadre de la décision en médecine. Le théorème de Bayes ou une de ses formes donne de bons résultats lorsque des données sur une importante population sont disponibles. De plus, cette technique est facilement automatisable.

Le théorème de Bayes fournit une manière de calculer la probabilité d'un événement particulier étant donné un ensemble d'observations qui ont été faites :

$P(H_i/E)$: la probabilité que l'hypothèse H_i soit vraie étant donné E

$P(E/H_i)$: la probabilité que l'on observe E si H_i est vraie

$P(H_i)$: la probabilité a priori que l'hypothèse H_i soit vraie

k : le nombre d'hypothèses possibles

$$P(H_i:E) = P(E:H_i) * P(H_i) / \sum_{n=1}^k P(E:H_n) * P(H_n)$$

Pour que cela marche, il faut être sûr de la validité de ses probabilités a priori.

Usage

Un logiciel appelé PROSPECTOR⁸ utilise cette technique. Il aide la localisation de gisements de minerais. Si on connaît la probabilité a priori qu'un minerai soit présent à condition que certaines caractéristiques physiques du sol sont observées, alors on peut utiliser la formule de Bayes pour calculer la probabilité qu'un certain minerai soit présent à partir des preuves collectées [RIC83].

□ Utilisation de la formule d'entropie de Shannon

$$\text{Entropie} = - \sum p(X_i) \log p(X_i)$$

où $p(X_i)$ est la probabilité qu'un patient soit malade avec la maladie D_i (X_i = vraie). Les étapes du processus sont tels qu'on maximise l'entropie de l'ensemble des diagnostics possibles. Cette méthode nécessite de bonnes informations probabilistes. [SHO73].

□ Reconnaissance de modèle

On essaye d'extraire les traits les plus caractéristiques pour chacune des catégories de diagnostics plutôt que de distinguer directement entre différentes catégories. Un patient est alors classé dans la catégorie pour laquelle il partage le plus de caractéristiques [SHO73].

Dans notre cas, trouver les traits les plus caractéristiques d'une pathologie à travers sa courbe de FEP vs FEV, permettrait d'associer une pathologie à la courbe d'un patient.

• L'intelligence artificielle et les décisions médicales

D'après [SHO73] et [FER85], les programmes purement statistiques présentent trois faiblesses principales qui constituent des obstacles à l'acceptation des programmes par les médecins :

1. Le programme n'a pas de compréhension réelle du champ de son problème.
2. Même si on donne une compréhension à un programme traditionnel, il n'a pas de mécanisme pour discuter de ses connaissances avec l'utilisateur.
3. L'absence de justification et d'explication de la démarche par le programme.

⁸c'est un exemple qui sort du domaine médical

Un bon exemple de système expert qui répond à ces exigences est le programme MYCIN qui a été conçu pour fournir un outil de consultation de diagnostic et de thérapie pour les maladies infectieuses. Le protocole de MYCIN est le suivant :

1. interviewer le docteur à propos du patient,
2. collecter des informations desquelles il infère le diagnostic et
3. sélectionner la thérapie appropriée.

Un autre exemple, décrit dans [FER85], est le programme SESAM qui est un système expert interactif (an exploratory medical aid system). Qui doit être capable d'expliquer au clinicien ce qu'il fait et justifier pourquoi. Cela permet à l'utilisateur de vérifier le chemin de raisonnement et la consistance des questions et des recommandations du système expert. SESAM est composé de trois parties principales :

1. une base de connaissances,
2. une structure de contrôle et
3. des routines d'explication.

- **D'autres outils**

D'autres outils sont disponibles, nous ne ferons que les citer :

- la recherche opérationnelle ([ROY83], [BEY85]),
- les ensembles flous (fuzzy sets) ([TAN92], [CIOS91], [CHE94]),
- la théorie du chaos,
- les réseaux neuronaux ([POL91]),
- ...

3.2.2. Une approche trousse à diagnostic

La tendance est d'offrir aux praticiens un panel d'outils qui comme une trousse médicale lui permet après utilisation d'un ou plusieurs de ces instruments, d'établir un diagnostic, un pronostic, une planification de traitement. Ces outils peuvent couvrir une phase du processus de diagnostic médical ou un sous-ensemble de phases (p.ex : le recueil des faits et le tri et la formation des concepts).

On peut aussi fournir au praticien un ensemble d'outils couvrant une seule phase mais utilisant des approches différentes. Le meilleur outil sera utilisé selon les circonstances. Les résultats offerts par les outils peuvent aussi être comparés lorsque le clinicien le souhaite. Les résultats d'analyse faites avec différents outils peuvent aussi être complémentaires.

3.2.3. Conditions pour la réussite

Construire un système qui peut réellement aider le médecin dans ses décisions suppose la construction d'un système adapté à la pratique clinique. Il faut donc comprendre comment fonctionne le processus de prise de décision du médecin. C'est pourquoi il était important d'étudier le processus de diagnostic médical et d'en dégager les différentes phases.

Il existe d'autres conditions pour qu'un SIAD pour le diagnostic médical réussisse :

[SHO73] donne comme conditions de réussite d'un système expert :

- le programme offre des recommandations de traitements qui peuvent être outrepassées par le médecin,
- le programme doit être indispensable.

Pour cela le système nécessite:

- un choix soigneux du problème médical,
- la coopération d'experts intéressés.

C'est pourquoi le domaine d'investigation médicale doit être étroit et relativement indépendant (complet par lui-même). De plus l'ordinateur devrait fournir une assistance substantielle au médecin et limiter la tâche à ce que celui-ci ne peut faire ou qu'il accepte que l'ordinateur fasse.

[ALP93] nous dit que les tentatives pour développer un nouveau modèle de diagnostic échouera tant que trois problèmes de base ne sont pas résolus:

- Le manque de définitions standardisées en médecine.
- Le manque de bases de données sûres et grandes (représentatives).
- Le manque de confiance de la profession médicale dans le diagnostic médical assisté par ordinateur.

Il faut aussi noter que plus le modèle doit pouvoir diagnostiquer de maladies, plus la tâche de diagnostic est complexe et moins un programme est susceptible de donner le diagnostic correct.

Quelques autres facteurs intervenant dans l'élaboration d'un programme d'aide médical sont à relever :

- **Problèmes éthiques et psychologiques**

- Il faut valider les systèmes: l'exactitude, l'utilité et la sûreté (digne de confiance) des programmes de consultation doivent être estimées [ALP83].
- Il faut décider de la responsabilité pour des décisions cliniques faites avec l'aide de ces systèmes [ALP83].
- Il faut faire accepter les systèmes par les patients et les médecins car les attitudes du personnel soignant vis-à-vis des ordinateurs sont parmi les plus grandes barrières à une implantation réussie de tels systèmes [SHO73].

- **Explication et justification du raisonnement pour arriver au diagnostic**

L'explication et la justification de la ligne de raisonnement d'un système sont des facteurs importants pour l'acceptation d'un système de consultation par un médecin [FEI82].

- L'**explication** montre la ligne de raisonnement d'un diagnostic particulier.
- La **justification** s'intéresse à la précision médicale et à la sûreté (confiance) de la connaissance et de la stratégie de raisonnement utilisée.

- **Problèmes économiques**

L'impact économique est aussi une question importante : un obstacle majeur à l'informatique est son coût qui a été (est toujours) relativement élevé [SHO73], [ALP83].

Beaucoup d'innovations en la matière sont présentées comme apportant un gain de temps. Il est pourtant difficile d'évaluer l'impact sur l'amélioration des traitements des malades [ALP83].

4. Un SIAD dans le cadre de l'évaluation fonctionnelle des protusions discales

La philosophie de la trousse d'instruments décrite au point 3.2.2. est celle qui va guider notre approche vers l'élaboration du SIAD.

4.1. Objectifs du SIAD et contraintes

Les questions que l'on va se poser en vue de caractériser le SIAD sont les suivantes : qui va utiliser ce SIAD, quand est-il utilisé, comment aider l'utilisateur et quelles sont les étapes du processus de décision médicale qui seront couvertes.

4.1.1. Qui?

La personne qui utilisera le SIAD s'occupe de l'entièreté du processus de diagnostic: du recueil des données à leur analyse jusqu'au diagnostic. C'est pourquoi ce SIAD est un SIAD individuel.

L'utilisateur est un médecin ou un kinésithérapeute, a priori ce n'est donc pas un spécialiste de l'informatique. C'est pourquoi il faudra attacher un intérêt particulier à l'analyse de l'IHM. La définition des outils nécessaires a été déterminée avec deux utilisateurs, ceux-ci ont émis des propositions quand au type d'interface qu'ils souhaitent.

Comme il est seul, il faudra permettre à l'utilisateur de faire tous les traitements qu'il souhaite sans changer de poste de travail.

4.1.2. Quand?

Il s'agit d'un processus de décision dit de crise et périodique puisqu'il est mis en route lorsque le patient, souffrant du dos, passe des tests. Ce processus a un caractère périodique car le clinicien se retrouve régulièrement dans la situation de traiter un patient. Il doit chaque fois remettre en oeuvre toute la procédure (du recueil de donnée à la prescription d'un traitement).

Un autre caractère périodique est le suivi d'un même patient. Comme le patient, au cours du traitement, doit refaire des tests régulièrement. Il faudra permettre au clinicien de comparer des tests de périodes différentes du traitement, ainsi il pourra évaluer l'évolution de la guérison du patient.

4.1.3. Où aider?

Nous avons vu qu'il existe différents lieux où l'on peut aider le clinicien lors de l'évaluation fonctionnelle des protusions discales. Nous allons décrire brièvement comment, pour chacun de ces lieux, nous pouvons aider le médecin dans sa tâche.

- **Lors de l'objectivation du processus médical**

L'analyse des données mesurées lors d'un test permet d'objectiver le déficit fonctionnel. Les modèles choisis pour situer, objectiver les lésions sont la mise sous forme de **graphes cartésiens** et **polaires** des mouvements, le **calcul d'octiles** et la **représentation dynamique du mouvement**. Ces différents types de représentation permettent au clinicien de visualiser les mouvements au cours desquels le patient a des difficultés. Il peut ainsi voir où se situent les problèmes.

[KEL93] ont observé qu'à partir d'une courbe (une courbe qui est la **moyenne** des différents cycles d'un test) on peut observer des catégories de courbes qu'on voudrait associer à des pathologies. Le calcul de cette courbe moyenne nécessite qu'on **interpole** les points des différents cycles à partir des données brutes pour avoir un même nombre de points par cycle.

De plus, une comparaison des forces isométriques mesurées lors de la phase 3 du protocole de mesure avec celle développée lors d'un test dynamique permet de vérifier la bonne volonté du patient et de pister les **fraudeurs**.

- **Lors de la prescription d'une kinésithérapie**

A partir de la **visualisation** des résultats (lors de l'objectivation du processus médical), le clinicien peut savoir quels types de mouvement sont à l'origine des problèmes et quel type de thérapie il faut y associer.

Le médecin peut aussi **comparer** les résultats des tests avec ceux d'autres patients dont il connaît le diagnostic et ainsi conseiller une thérapie similaire.

- **Lors du suivi des traitements et pour tester l'efficacité de divers traitements**

La **comparaison**, à des périodes différentes, des résultats des tests d'un même patient permet de voir comment évolue la pathologie et éventuellement d'orienter le traitement.

Une comparaison de tests permet aussi d'objectiver l'efficacité d'un traitement car la seule appréciation subjective d'un patient n'est pas toujours fiable.

- **Lors de l'évaluation du retentissement de certaines lésions**

Des **résultats chiffrés** et l'interprétation de certains **graphes** permettent de visualiser le retentissement des lésions. On peut connaître les forces isométriques maximales d'un patient et celles développées lors d'un test

dynamique qui permettent de situer l'importance de la lésion sur le système fonctionnel du patient.

- **Dans des applications médico-légales et pour la médecine du travail**

Un **formulaire** d'un contenant des informations choisie par l'AACVU peut être généré automatiquement. Ce formulaire contient des informations relatives à un ou deux tests d'un patient. Lorsqu'on a deux tests, un certain nombre de données sont comparées. Des données personnelles sont aussi présentes. On peut aussi changer des données personnelles (si nécessaire).

4.1.4. Les étapes de la procédure de diagnostic couvertes par le SIAD

Nous allons faire référence au processus de diagnostic médical et regarder quelles phases de ce processus sont couvertes et comment elles le sont.

- **Recueil des faits**

Au cours de la phase de test, deux types d'informations importantes sont recueillies:

- ☐ Ce sont des informations personnelles qui concernent l'**histoire médicale** du patient.
- ☐ Et ce sont les résultats d'un **examen physique** (les tests sur l'isostation).

Ces informations sont alors stockées sur des fichiers afin de pouvoir les utiliser pour des analyses futures.

- **Mise à jour du dossier médical d'un patient**

Les données personnelles sont mises à jour chaque fois qu'un patient subit un test. Les résultats des tests sont aussi stockés et conservés. Ces informations sont utiles pour assister les responsables pour les soins et traitements.

Un des rôles du dossier médical est d'être la base d'informations pour des documents qui objectiveront les plaintes auprès des assurances.

- **Tri et formation des concepts**

A l'aide d'un ensemble d'outils de présentation, de comparaison de courbes, le clinicien pourra déceler les données susceptibles de l'amener au diagnostic.

Au cours de l'interrogatoire, il faut bien discriminer les signes (qui sont objectifs) des symptômes (qui sont subjectifs). La méthode proposée par Isotechnologies permet de récolter des signes, et donc une objectivation des plaintes du patient.

Les causes des troubles peuvent être déterminées par l'analyse des données dynamiques recueillies par l'Isostation et la lecture des données personnelles du patient.

Si aucune lésion fonctionnelle n'est visible lors de l'analyse des informations, on pourra rechercher le processus qui maquille le désordre fonctionnel.

- **Amélioration des connaissances médicales**

A partir des données recueillies et de leurs traitements, les praticiens souhaitent créer une base de courbes moyennes (pour la flexion/extension position vs flexion/extension velocity) qui permettrait de distinguer les éléments qui caractérisent une pathologie. On trouverait des courbes semblables. On pourrait déterminer quelles sont les variations des courbes pour des variables telles que le sexe, l'âge, le poids...

Cette base de données de courbes caractéristiques couplée à un tableur et à un programme de statistique permet de rassembler la documentation pour la recherche clinique.

4.1.5. Les contraintes d'environnement

Des interrogations précédentes, on peut chercher les types de supports qui seront offerts à l'utilisateur (cfr fig. 4.1.).

- **Software**

Le recueil des données est décrit au point 2.2.2..

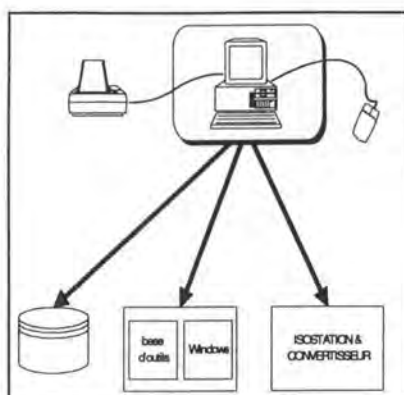


fig 4.1. : contraintes d'environnement

Les outils, les instruments que le médecin souhaite utiliser dans sa recherche d'un diagnostic sont des outils de présentation de données brutes et interpolées, de comparaison des données, de traitement des données et de stockage de certains résultats.

Il faut ajouter un SUMMARY tel qu'il est décrit en annexe qui est un rapport d'un format prédéfini que le clinicien remplira pour consigner les résultats des analyses d'un patient.

Il faut aussi un SGBD couplé à une base de données (agrégées) contenant des courbes par catégorie et une base de données agrégées. Il faut pouvoir créer et relire les données et la mettre à jour. La base de données doit être peu onéreuse pour le clinicien un choix possible est MS ACCESS⁹ ou l'utilisation de fichiers binaires qui permettent un accès plus rapide.

Et finalement deux logiciels : un tableur (Excel¹⁰) et un logiciel de statistiques (Microstat).

- **Hardware**

En plus de l'isostation et du convertisseur, un matériel courant et peu coûteux, comme un PC 386 au minimum, une imprimante et une souris sont nécessaires. Le PC doit être équipé d'un disque dur et d'un lecteur de disquettes.

- **Environnement**

L'environnement choisi est Windows¹¹, ainsi chaque outil devra "tourner" sous Windows. C'est pourquoi le langage Visual Basic¹² a été choisi pour écrire l'application. Un tableur comme MS Excel et un programme de statistiques (Microstat) ont été choisis car ils sont supportés par cet environnement.

Le choix de cet environnement est dû à son grand succès commercial, à sa facilité d'utilisation et au package de logiciels qu'il supporte.

4.2. Description des fonctionnalités

4.2.1. Recueil des données

Cette fonctionnalité est décrite aux points 2.2.2..

4.2.2. Stockage des données

4.2.2.1. Les fichiers de tests

Les données brutes et dynamiques sont des données qui n'ont subi aucun traitement préalable. Elles sont les résultats de l'examen sur l'isostation B200.

⁹MS ACCESS est un produit Microsoft

¹⁰Excel est un produit de Microsoft

¹¹Windows est un produit de Microsoft

¹²Visual Basic est un produit de Microsoft

Etant donné qu' au cours de l'examen le patient peut bouger sur trois axes et que trois paramètres sont mesurés, 9 mesures différentes sont enregistrées et stockées sur les fichiers (B2*.val, B2*.rep, B2*.dat) .

Cette fonctionnalité est décrite au point 2.4.3.1..

4.2.2.2. Les fichiers de sauvetages de données

- **Le stockage sur fichier de données brutes**

Crée un fichier ASCII (b2*.raw) qui contient 12 colonnes de données de position, vitesse, accélération et couple de force pour la flexion latérale, la rotation et la flexion extension.

- **Le stockage sur fichier des données interpolées**

Crée un fichier ASCII (b2*.int) qui contient la moyenne, la déviation standard et le coefficient de variation (pour la flexion/extension en terme de position et de vitesse).

4.2.2.3. La création et la mise à jour de bases de données

- **Base d'informations**

Pour des courbes caractéristiques de FEP vs FET, le clinicien peut calculer un certain nombre de paramètres qu'il pourra sauver et stocker dans une base de données. Ces données pourront faire l'objet d'un traitement par un tableur ou un programme de statistiques.

Les données calculées seront les suivantes :

- ☐ des données chiffrées qui sont mesurées lors des tests et stockées dans des fichiers,
- ☐ des données qualitatives qui viennent du fichier démographique (âge, sexe, taille, poids, type de travail, ...),
- ☐ des données calculées comme l'accélération, le factor form, ... pour chaque quadrant et combinaison de quadrant et
- ☐ des données qui sont calculées lors de la comparaison.

- **Base de courbes moyennes**

Une base de données de courbes moyennes par types de pathologie sera créée. A partir d'un ensemble de courbes caractérisée par une même pathologie, on va créer une courbe moyenne par pathologie.

4.2.3. Outils de statistique et tableur

Microstat est un outil statistique qui permet de faire une série de tests statistiques standards sur un échantillon et de comparer des échantillons. Ce logiciel fonctionne dans un environnement Windows et un transfert des données vers un tableur ou un autre logiciel est possible.

Un tableur est un outil qui permet d'effectuer des calculs courants. Il est basé sur le concept de feuille de calcul. Un transfert des données vers Microstat ou un autre logiciel est possible.

4.2.4. Calcul

4.2.4.1. Moyennage

[KEL93] ont observé que les courbes FEP vs FEV (point 2.3) ont une forme caractéristique. Pour un ensemble de cycles d'un test, on veut en calculer une courbe moyenne. Pour cela il faut interpoler les données brutes dynamiques et ensuite en calculer la moyenne et la standard deviation. Auparavant il aura fallu filtrer les données. Ceci est expliqué en détail ci-après:

- **Filtre**

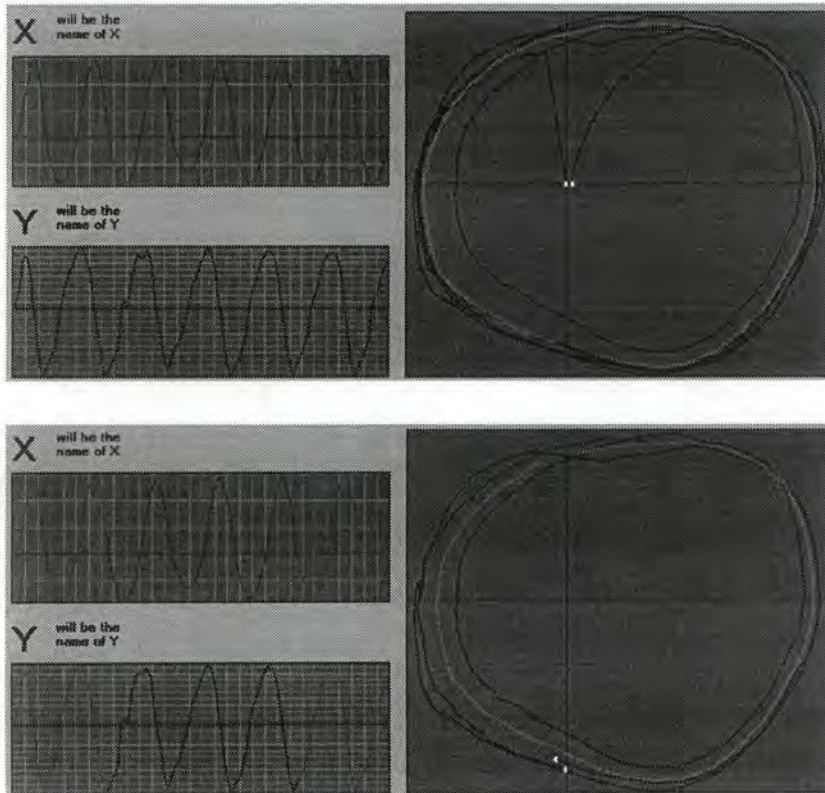


fig 4.2 . : déchets à enlever sur un graphe

En fin et en début de test, les 1/2 cycles correspondent au début d'un mouvement, la vitesse est croissante. Pour calculer la moyenne des cycles, on retire ces 1/2 cycles de début et de fin de test pour ne pas fausser la moyenne. Le premier graphe de la fig 4.2 . nous montre le graphe avant filtrage et le second graphe après filtrage des demi-cycles en fin et en début de test.

• Interpolation par Lagrange

Description

Les polynômes de Lagrange sont parmi les polynômes d'interpolation les plus simples. Etant donné $n+1$ nombres réels distincts, $x_0 < x_1 < x_2 < \dots < x_n$, et un second ensemble de $n + 1$ nombres réels y_i , $i \in [0:n]$, alors le polynôme de Lagrange de degré n associé aux deux ensembles, $\{x_i\}$ et $\{y_i\}$, est un polynôme $p(x)$ de degré n qui est solution du problème d'interpolation

$$p(x_i) = y_i, \forall i \in [0 : n].$$

Les x_i sont appelés des *knots* et les y_i sont appelés les *constraints* de la fonction d'interpolation. De tels polynômes existent toujours et sont uniques. Plus précisément, si $f(x)$ est une fonction définie en $x_0, x_1, x_2, \dots, x_n$ telle que $f(x_i) = y_i, \forall i \in [0:n]$, alors l'interpolation de Lagrange de degré n de $f(x)$ avec les *knots* $x_i, i \in [0:n]$, est le polynôme

$$p_n(x) = \sum_{i=0}^n f(x_i) L_{i,n}(x)$$

avec

$$L_{i,n}(x) = \frac{(x - x_0) \dots (x - x_{i-1}) (x - x_{i+1}) \dots (x - x_n)}{(x_i - x_0) \dots (x_i - x_{i-1}) (x_i - x_{i+1}) \dots (x_i - x_n)}$$

Ces explications sont tirées de [PAR74].

Usage

Si les données sont interpolées c'est pour qu'on ait le même nombre de point par cycle d'un test. Ceci est nécessaire pour pouvoir calculer la moyenne des cycles.

- **Moyenne et déviation standard**

Une fois les données interpolées, on peut faire la moyenne et calculer la SD.

Formule de la moyenne et de la standard deviation

$$\bar{X} = \frac{\sum X}{n}$$

$$S_x = \sqrt{\frac{\sum (X - \bar{X})^2}{n}}$$

4.2.4.2. La comparaison des courbes

Les cliniciens souhaitent pouvoir comparer des tests de différentes manières. Deux tests d'un même patient ou de deux patients différents pourront être comparés. Les tests portent sur la FEP vs FEV moyennée de tests comprenant un certain nombre de cycles (5 min.).

1. Il faut vérifier la consistance de la comparaison en observant le ROM (range of motion, l'amplitude de mouvement) relatif au deux tests.

Le ROM est consistant pour deux tests si leur différence relative est inférieure à 10-15 %.

2. Les comparaisons porteront sur :
 1. deux courbes non normalisées.
 2. deux courbes totalement normalisées par rapport à la vitesse maximale.
 3. deux courbes semi-normalisées par rapport à la vitesse maximale pour les valeurs positives de la vitesse et par rapport à la vitesse minimale pour les vitesses négatives.
3. pour chacun de ces types de normalisation, on peut comparer des propriétés géométriques ou faire des statistiques pour un ou des quadrant(s) de la courbe. Ces types de comparaisons sont énoncés ci-dessous et décrits en annexe 8.5.

Comparaisons géométriques :

- la différence de distance au centre de la courbe,
- la différence d'aire sous la courbe et
- le factor form (nombre caractérisant la forme d'une courbe).

Comparaisons statistiques :

- l'analyse de la variance et
- le paired T-test.

• **Tableau récapitulatif des comparaisons**

On proposera ces types de comparaison pour chaque quadrant ou combinaison de quadrants.

type de courbe	type de comparaison				
	géométrique			statistique	
	distance au centre	form factor	aire sous la courbe	ANOVA	T-test
non normalisée					
totalement normalisée					
semi -normalisée					

tableau 4.1 . : tableau récapitulatif des comparaisons

4.2.4.3. **Calcul de l'accélération**

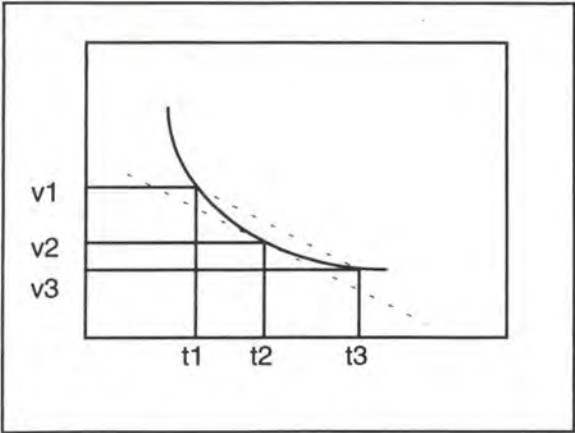


fig 4.3. : Dérivée

$$v_2' = \frac{v_3 - v_1}{2\Delta t}$$

Du paramètre vitesse (velocity), on peut calculer facilement l'accélération. Il suffit en effet de dériver la vitesse. La première formule centrale permet de calculer l'accélération.

4.2.5. Présentation

4.2.5.1. Présentations des données brutes et dynamiques

- Chacune des 12 mesures peut être représentée sur un **graphe cartésien en fonction du temps**.

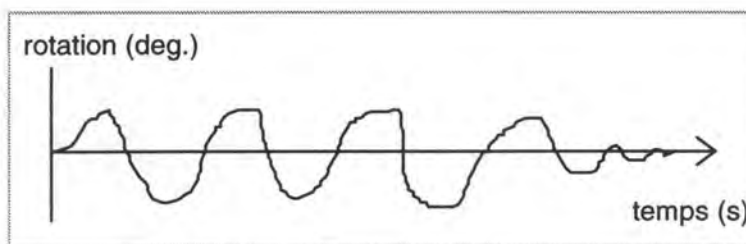


fig 4.4. : rotation en fonction du temps

- Prises deux à deux ces mesures peuvent être abscisse et/ou ordonnée d'un **graphe cartésien** (p. ex. : en abscisse la FE V et en ordonnée la FE P).

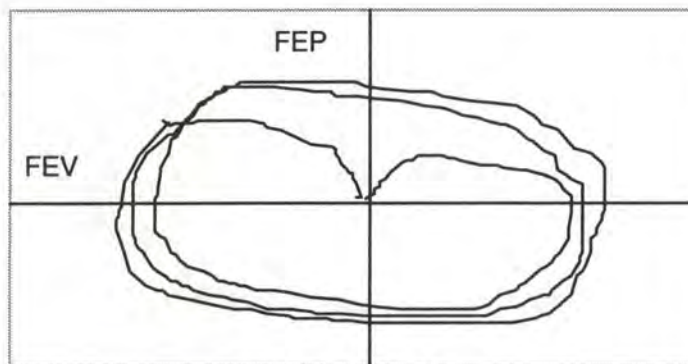


fig 4.5. : FEP vs FEV

- On peut aussi considérer ces données comme coordonnées **graphe polaire**.

Voir annexe 8.3.

- Une **représentation dynamique** du mouvement sur l'axe primaire et sur les deux axes secondaires.

Voir annexe 8.3.

- Une **représentation sous forme d'octiles**

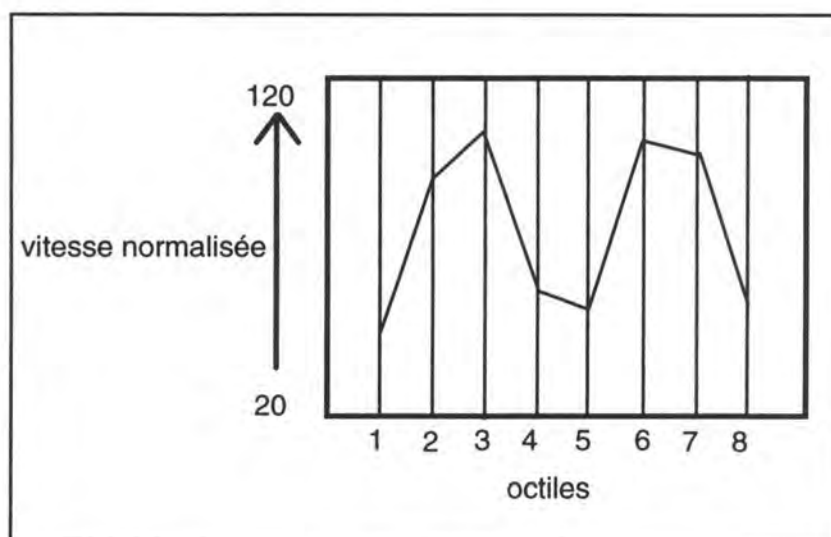


fig 4.6. : Octiles

- Une **représentation sous forme de liste**

Les 12 mesures (ou un sous-ensemble) sont mis dans une liste-tableur. Chacun des mesures est dans une colonne surmontée de l'intitulé du channel.

4.2.5.2. Les données interpolées et moyennées

Celles-ci sont semblables à celles décrites pour les données brutes.

- Prises deux à deux ces mesures peuvent être abscisse et/ou ordonnée d'un **graphe cartésien** (p. ex. : en abscisse la FE V et en ordonnée la FE P).
- Une **représentation sous forme de liste**

4.2.6. Rapport

Imprime un résumé de 2 pages de données isométriques et isoinetrielles d'après un format spécifié par l'AACVU. Voir annexe 8.4.

4.2.7. Intercommunication entre les outils

Le **transfert des données** à un tableur ou à un logiciel statistique

Les 12 mesures (ou un sous-ensemble) peuvent être transférés directement vers un tableur ou/et un programme de statistiques.

4.3. La méthode de conception du SIAD

Cette méthode est basée sur la méthode classique de découpe en modules [DUB93]. Le problème de l'interface sera traité avec une méthode développée par [ZUC94].

4.3.1. Spécifications fonctionnelles

Formulation complète et cohérente des fonctions et des données du système.

4.3.2. Conception globale

1. Architecture fonctionnelle du SIAD
2. Architecture d'implémentation.

Découpe en modules et relations entre les modules.

Il y a cinq niveaux de modules :

niveau 1. Modules OS.

niveau 2. Modules logiciels.

niveau 3. Modules d'accès aux données.

niveau 4. Modules de traitement (modèles).

niveau 5. Modules d'entrée/sortie (interface).

3. Dériver le schéma des accès possibles aux données et spécifier les modules d'accès (non développé).

4.3.3. Conception détaillée

1. Pour l'interface : On va employer la méthode décrite dans [ZUC94].
2. Spécification des modules de traitement et conception abstraite des algorithmes réalisant ce module.
3. Pour tout module d'accès aux données :
 1. Schéma des accès nécessaires aux données (non développé).
 2. Conception abstraite des algorithmes réalisant les opérations de ce module.

4.4. Spécifications fonctionnelles

4.4.1. Fonctionnalités

Celles-ci sont décrites en terme de préconditions sur les inputs, d'inputs, d'outputs et de types d'outputs.

Fichier (données interpolées)	
Pré	<ul style="list-style-type: none"> données brutes dynamiques validées
Input	<ul style="list-style-type: none"> données brutes dynamiques validées pour les 12 mesures path et nom du fichier (b2*.raw)
Output	<ul style="list-style-type: none"> fichier les 12 mesures pour les données brutes

Fichier (données brutes)	
Pré	<ul style="list-style-type: none"> données interpolées moyennées validées
Input	<ul style="list-style-type: none"> données interpolées moyennées validées pour la FE en P,T et V path et nom du fichier (b2*.int)
Output	<ul style="list-style-type: none"> fichier contenant FEP,T,P moyennés et SD

Graphe cartésien (axe vs time) (données brutes)	
Pré	<ul style="list-style-type: none"> données brutes dynamiques valides
Input	<ul style="list-style-type: none"> données brutes dynamiques validées pour un axe type d'output
Output	<ul style="list-style-type: none"> un graphe à coordonnées cartésiennes (temps vs axe)
Type d'output	<ul style="list-style-type: none"> écran imprimante

Graphe cartésien (données brutes)	
Pré	<ul style="list-style-type: none"> données brutes dynamiques valides
Input	<ul style="list-style-type: none"> données brutes dynamiques validées pour 2 axes type d'output
Output	<ul style="list-style-type: none"> un graphe à coordonnées cartésiennes (axe1 vs axe2)
Type d'output	<ul style="list-style-type: none"> écran imprimante

	Graphe cartésien (données interpolées)
Pré	<ul style="list-style-type: none"> • données brutes dynamiques valides
Input	<ul style="list-style-type: none"> • données brutes dynamiques validées pour 2 axes • type d'output
Output	<ul style="list-style-type: none"> • un graphe à coordonnées cartésiennes (axe1 vs axe2)
Type d'output	<ul style="list-style-type: none"> • écran • imprimante

	Graphe polaire (données brutes)
Pré	<ul style="list-style-type: none"> • données brutes dynamiques validées
Input	<ul style="list-style-type: none"> • données traitées validées pour les 2 axes • type d'output
Output	<ul style="list-style-type: none"> • graphe à coordonnées polaires
Type d'output	<ul style="list-style-type: none"> • écran • imprimante

	Dynamique (données brutes)
Pré	<ul style="list-style-type: none"> • données brutes dynamiques validées
Input	<ul style="list-style-type: none"> • données brutes dynamiques validées pour les 3 axes
Output	<ul style="list-style-type: none"> • simulation du mouvement
Type d'output	<ul style="list-style-type: none"> • écran

	Octiles (données brutes)
Pré	<ul style="list-style-type: none"> • données brutes dynamiques validées
Input	<ul style="list-style-type: none"> • données brutes dynamiques validées pour un axe • type d'output
Output	<ul style="list-style-type: none"> • graphe des octiles
Type d'output	<ul style="list-style-type: none"> • Ecran et imprimante

	Liste (données interpolées)
Pré	<ul style="list-style-type: none"> • données brutes dynamiques validées
Input	<ul style="list-style-type: none"> • données brutes dynamiques validées pour la FE en P,T,V • type d'output
Output	<ul style="list-style-type: none"> • liste de FEP, FET, FEV moyennées, interpolées et SD
Type d'output	<ul style="list-style-type: none"> • écran • imprimante

Type d'output	<ul style="list-style-type: none"> • écran • imprimante
---------------	---

Liste (données brutes)	
Pré	<ul style="list-style-type: none"> • données brutes dynamiques validées
Input	<ul style="list-style-type: none"> • données brutes dynamiques validées pour les 12 mesures • type d'output
Output	<ul style="list-style-type: none"> • liste pour les 12 mesures
Type d'output	<ul style="list-style-type: none"> • écran • imprimante

Transfert (données interpolées)	
Pré	<ul style="list-style-type: none"> • données brutes dynamiques validées
Input	<ul style="list-style-type: none"> • données brutes dynamiques validées pour la FE en P,T,V • type d'output
Output	<ul style="list-style-type: none"> • liste de FEP, FET, FEV moyennée et interpolé
Type d'output	<ul style="list-style-type: none"> • spreadsheet • microstat

Transfert (données interpolées)	
Pré	<ul style="list-style-type: none"> • données brutes dynamiques validées
Input	<ul style="list-style-type: none"> • données brutes dynamiques validées pour la FE en P,T,V • type d'output
Output	<ul style="list-style-type: none"> • Table de FEP, FET, FEV moyennées, interpolées et SD
Type d'output	<ul style="list-style-type: none"> • spreadsheet • microstat

DB (test FEPvFEV) Mise à jour	
Pré	<ul style="list-style-type: none"> • données valides
Input	<ul style="list-style-type: none"> • données = âge, poids, taille, sexe, niveau d'occupation, niveau d'activité & pour chaque quadrant et combinaison de quadrants { min et max velocity, min et max position, accélération, factor form }
Output	<ul style="list-style-type: none"> • données stockées dans la base de données
Type d'output	<ul style="list-style-type: none"> • BD

DB (test FEPvFEV) lecture	
Pré	<ul style="list-style-type: none"> données valides = âge, poids, taille, sexe, niveau d'occupation, niveau d'activité & pour chaque quadrant et combinaison de quadrants {min et max velocity, min et max position, accélération, factor form}
Input	<ul style="list-style-type: none"> un sous ensemble de données déterminé par une requête (p.ex : tous les tests dont l'âge ∈ [20-30 ans])
Output	<ul style="list-style-type: none"> une table contenant les données correspondant au résultat de la requête
Type d'output	<ul style="list-style-type: none"> écran spreadsheet microstat

DB (courbes moyennes) Mise à jour	
Pré	<ul style="list-style-type: none"> données valides
Input	<ul style="list-style-type: none"> données = les 200 points pour chaque axe d'un graphe de FEP v FEV moyennées type de diagnostic commentaires
Output	<ul style="list-style-type: none"> mise à jour de la courbe moyenne des courbes moyennées stockée dans la base de données mise à jour des commentaires si le type de diagnostic est un nouveau type : ajouter un nouveau diagnostic et créer sa courbe moyenne
Type d'output	<ul style="list-style-type: none"> BD

DB (courbes moyennes) lecture	
Pré	<ul style="list-style-type: none"> données valides
Input	<ul style="list-style-type: none"> données = les 200 points pour chaque axe d'un graphe de FEP v FEV moyenné qui est la moyenne des courbes moyennes de ce type diagnostic correspondant commentaire correspondant
Output	<ul style="list-style-type: none"> une table contenant les données correspondant au résultat de la requête
Type d'output	<ul style="list-style-type: none"> écran spreadsheet microstat

Summary (données brutes)	
Pré	<ul style="list-style-type: none"> • données brutes dynamiques validées • données personnelles valides
Input	<ul style="list-style-type: none"> • données brutes dynamiques validées pour les 12 mesures • données isométriques • données personnelles du patient • mise à jour des données personnelles du patient • type d'output
Output	<ul style="list-style-type: none"> • cfr annexe 8.4
Type d'output	<ul style="list-style-type: none"> • écran • imprimante

Comparaison	
Pré	<ul style="list-style-type: none"> • données brutes dynamiques valides
Input	<ul style="list-style-type: none"> • données brutes dynamiques valides pour la FEP v FEV • type d'output
Output	<ul style="list-style-type: none"> • graphes colororiés pour présenter les différences entre les courbes • rapport écrit des différences entre les courbes
Type d'output	<ul style="list-style-type: none"> • écran • imprimante

4.4.2. Données

On a 3 schéma conceptuel des données qui sont décrits à l'aide du modèle entité/association :

1. celui qui correspond aux données recueillies au cours du protocole de saisie des informations et qui sont décrites au point 2.4.3. (fig. 4.7 .),
2. les données de la base de données qui contient les caractéristiques d'un test FEP vs FEV (cfr. point 4.2.2.3) (fig. 4.8.) et
3. celui qui les données nécessaires pour la base de courbes moyennes caractérisant un type de pathologie (cfr. point 4.2.2.3) (fig. 4.9.).

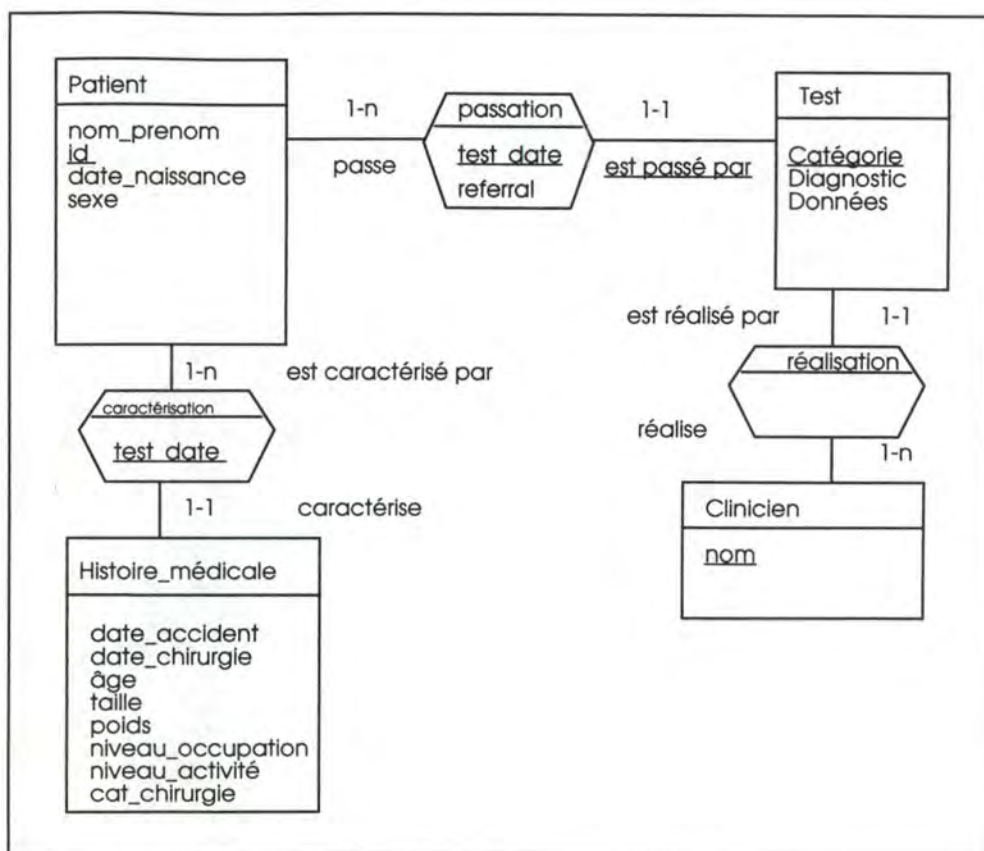


fig.4.7. : schéma conceptuel des données recueillies au cours du protocole

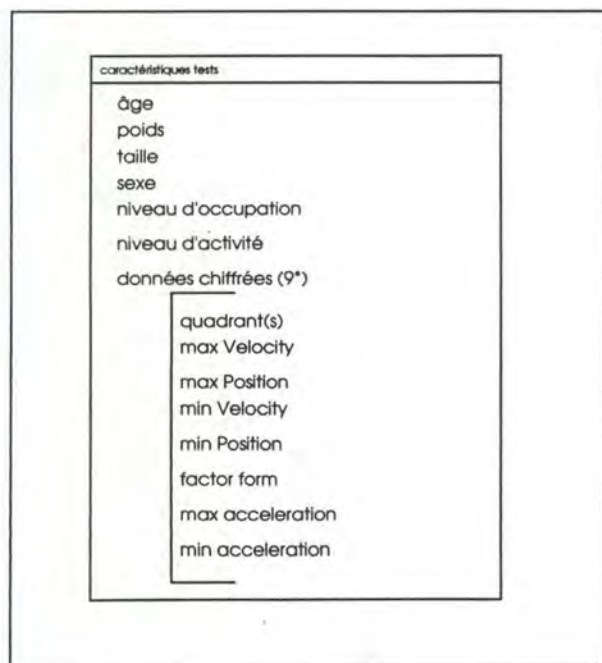


fig 4.8. : caractéristiques test

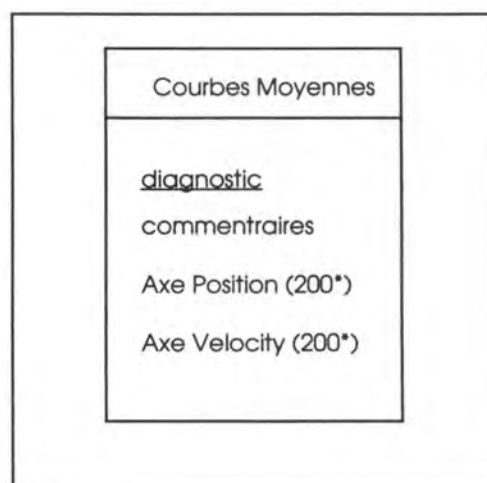


fig. 4.9 . : courbes moyennes

4.5. Design global

4.5.1. Architecture fonctionnelle du SIAD

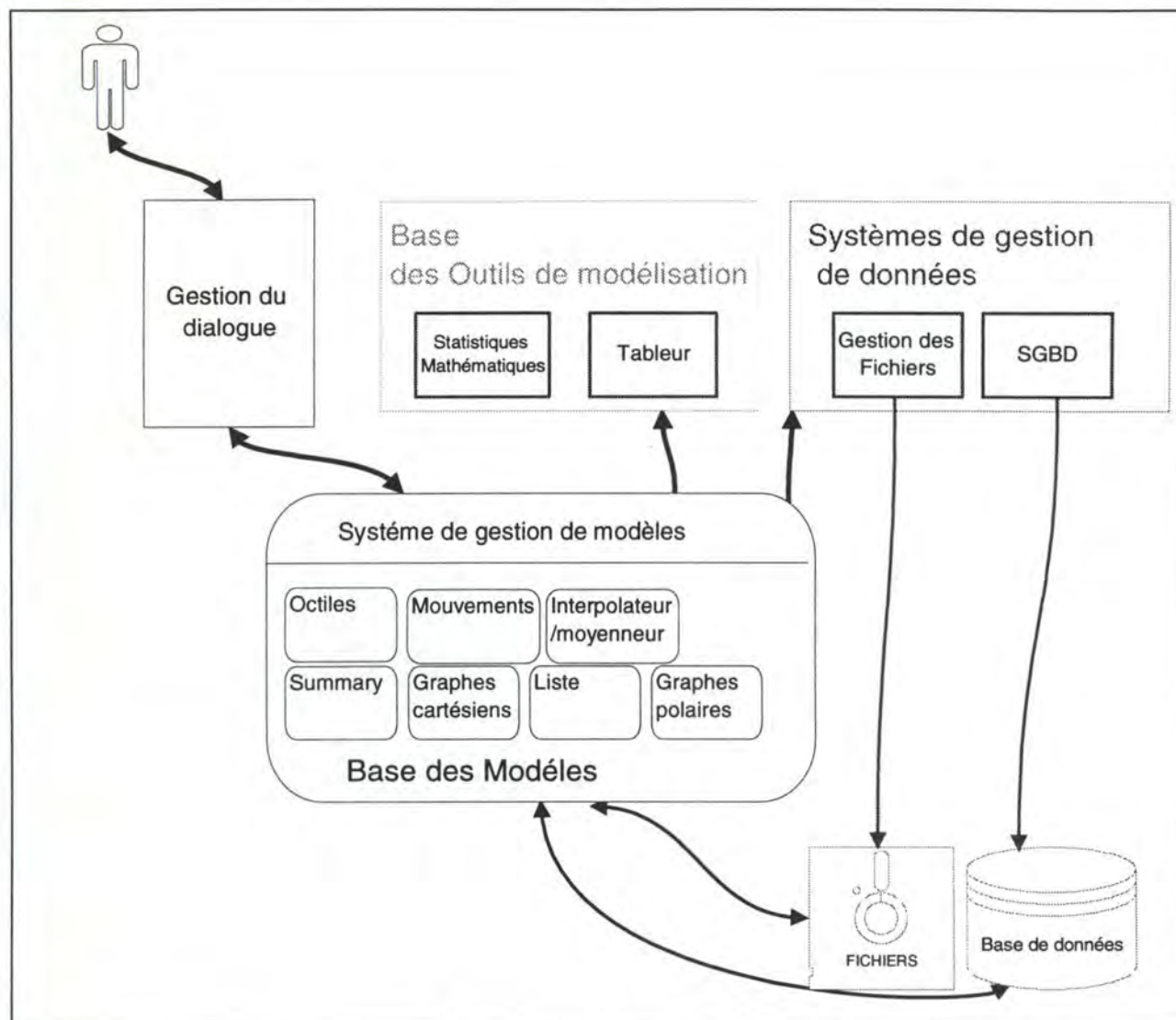


fig. 4.10 . : architecture du SIAD

Notre architecture est composée de six éléments suivants:

1. **Gestion du dialogue** : qui gère le dialogue entre l'utilisateur et le système de gestion de modèle. Le dialogue est une suite d'enchaînements d'événements. Ces événements sont la réponse à des stimuli provenant de l'utilisateur.
2. **Base des outils de modélisation** : ces outils sont des logiciels qui existent sur le marché (Microstat et un tableur). Ils permettent à l'utilisateur de créer des modèles qu'ils appliqueront aux données qui sont stockées sur la base de données.

3. **Base de modèles** : les modèles correspondent aux fonctionnalités déterminées au point.

4. **Système de gestion des modèles** : qui fait le lien entre la gestion du dialogue et la base de modèles.

5. **Système de gestion des données.**

6. **La base de données** : un ensemble de fichiers qui contiennent des informations relatives à un test. Pour des raisons de transportabilité, un ensemble de tests relatifs à un patient se trouvent sur une disquette (pour que le clinicien puisse analyser ces données chez lui p.ex.). C'est pourquoi on différencie cette première composante de la base de données par rapport à la seconde qui reprend les courbes moyennes et les données relatives à la FEP vs FEV, celles-ci ne devant pas être transportées.

4.5.1.1. Base des outils

Les outils que nous allons utiliser sont les suivants :

- **Tableur**

Input	<ul style="list-style-type: none">• le nombre de colonnes• le nom des colonnes• un (des) ensemble(s) de nombres
Output	<ul style="list-style-type: none">• un tableau avec le nom des colonnes en en-tête• possibilité de sauver sur fichiers

- **Outil de statistiques (Microstat)**

Input	<ul style="list-style-type: none">• un (des) ensemble(s) de nombres
Output	<ul style="list-style-type: none">• un (des) ensembles de données résultant des traitements choisis

- **Gestion de fichiers**

Input	<ul style="list-style-type: none">• le nom du fichier (disk/path/nom)• le type de fichier = {binaire, record,...}• le format des données• la destination des données lues
-------	--

Output	<ul style="list-style-type: none"> les données chez le destinataire
--------	--

• SGBD

Input	<ul style="list-style-type: none"> Requêtes de demande ou de mise à jour de données
Output	<ul style="list-style-type: none"> Données correspondantes

4.5.1.2. Base des modèles

Les modèles que nous allons utiliser sont décrits ci-après. Les modèles sont décrits en terme des outils et des modèles qui sont utilisés pour les mettre en oeuvre.

• Octiles

Outils et modèles utilisés : **Outil**[Gestion de fichier] → **Modèle**[Statistique-Mathématique] → **Modèle**[Octiles].

Input	<ul style="list-style-type: none"> le nombre d'axes le nom des axes un (des) ensemble(s) de nombres
Output	<ul style="list-style-type: none"> le graphe gradué correspondant

• Graphe polaire

Outils et modèles utilisés : **Outil**[Gestion de fichier] → **Modèle**[Statistique-Mathématique] → **Modèle**[Graphe polaire].

Input	<ul style="list-style-type: none"> le nombre d'axes le nom des axes un (des) ensemble(s) de nombres
Output	<ul style="list-style-type: none"> le graphe gradué correspondant

• Graphe cartésien

Outils et modèles utilisés : **Outil**[Gestion de fichier] → **Modèle**[Statistique-Mathématique] → **Modèle**[graphe cartésien].

Le modèle Statistique-Mathématique est utilisé lorsqu'on doit faire un graphe de données interpolées moyennées et de moyenne +/- SD.

Input	<ul style="list-style-type: none"> le nombre d'axes le nom des axes un (des) ensemble(s) de nombres
Output	<ul style="list-style-type: none"> le graphe gradué correspondant

• Summary

Outils et modèles utilisés : **Outil**[Gestion de fichier] → **Modèle**[Statistique-Mathématique] → **Modèle**[Summary].

Input	<ul style="list-style-type: none"> les données personnelles d'un patient les résultats des tests d'un patient le type de rapport = {1 test, 2 tests}
Output	<ul style="list-style-type: none"> un rapport d'un format prédéfini

• Mouvements d'un patient

Outils et modèles utilisés : **Outil**[Gestion de fichier] → **Modèle**[Mouvements d'un patient].

Input	<ul style="list-style-type: none"> le nom des 3 axes de mouvement 3 ensembles de nombres le type de graphe = {2 dimensions, 3 dimensions}
Output	<ul style="list-style-type: none"> une simulation des mouvements correspondant aux ensembles de nombre

• Liste

Outils et modèles utilisés : **Outil**[Gestion de fichier] (→ **Modèle**[Statistique-Mathématique]) → **Modèle**[Liste].

Le modèle Statistique-Mathématique est utilisé lorsqu'on doit faire un graphe de données interpolées moyennées et de moyenne +/- SD.

• Les modèles créés par l'utilisateur via le tableur et Microstat

Outils et modèles utilisés : **Modèle**[développé par l'utilisateur] → **Outil**[Tableur].

Outils et modèles utilisés : **Modèle**[développé par l'utilisateur] → **Outil**[Microstat].

4.5.1.3. Base des données

On décrit les types d'entité en terme de type abstrait. Un type abstrait est un type créé à partir des types des éléments de l'entité.

Les types abstraits sont

- Test

éléments de du type abstrait	types des éléments
Date du test	<i>date</i>
Catégorie du test	<i>suite de caractères</i>
Diagnostic du test	<i>suite de caractères</i>
Éléments brutes dynamiques	<i>tableau de réels</i>
Éléments isométriques	<i>tableau de réels</i>

- Patient

éléments de du type abstrait	types des éléments
Nom du patient	<i>suite de caractères</i>
Prénom du patient	<i>suite de caractères</i>
Date de naissance	<i>date</i>
Sexe	<i>caractère</i>
Numéro de sécurité sociale (SSN)	<i>suite de caractères</i>

- Histoire médicale

éléments de du type abstrait	types des éléments
Date	<i>date</i>
Date accident	<i>date</i>
Catégorie de la chirurgie	<i>suite de caractères</i>
Date chirurgie	<i>date</i>
Age	<i>entier</i>
Taille	<i>tableau d'entiers</i>
Poids	<i>tableau d'entiers</i>
Niveau d'occupation	<i>suite de caractères</i>
Niveau d'activité	<i>suite de caractères</i>

- Clinicien

éléments de du type abstrait	types des éléments
Nom	<i>suite de caractères</i>

- **Caractéristiques tests**

éléments de du type abstrait	types des éléments
Age	<i>entier</i>
Poids	<i>tableau d'entiers</i>
Taille	<i>tableau d'entiers</i>
Sexe	<i>caractère</i>
Niveau d'occupation	<i>suite de caractères</i>
Niveau d'activité	<i>suite de caractères</i>
Éléments chiffrés pour chaque combinaison de quadrant	
Quadrant	<i>tableau d'entiers</i>
Max Velocity	<i>réel</i>
Min Velocity	<i>réel</i>
Max Position	<i>réel</i>
Min Position	<i>réel</i>
Factor Form	<i>réel</i>
Max Acceleration	<i>réel</i>
Min Acceleration	<i>réel</i>

- **Courbes moyennes**

éléments de du type abstrait	types des éléments
Diagnostic	<i>suite de caractères</i>
Commentaires	<i>suite de caractères</i>
Axe Position	<i>tableau de réels</i>
Axe Velocity	<i>tableau de réel</i>

4.5.1.4. Interactions

Outre les liens décrits au point 4.5.1.2. qui sont des liens fonctionnels entre les outils et les modèles et liant les modèles entre eux, un ensemble de "liens d'usage" sont possibles.

Un modèle peut en appeler un autre si l'utilisateur souhaite traiter le même test à l'aide des deux modèles différents. Le modèle appelant enverra directement les données au modèle appelé. Par exemple, si le clinicien veut imprimer le summary d'un test qu'il est en train de visualiser: il fera appel, à partir de la visualisation, au summary.

On peut aussi permettre à l'utilisateur de couper des données qu'il visionne sous forme de liste et de les recoller dans une feuille de calcul d'un tableur.

4.5.2. Architecture des modules

La description qui suit se limitera aux modules concernant la tâche d'affichage d'un graphe cartésien et aux modules de niveau supérieur dans la découpe. Les modules relatifs au choix d'un patient et au choix d'un test du patient sont aussi décrits.

- Structure globale

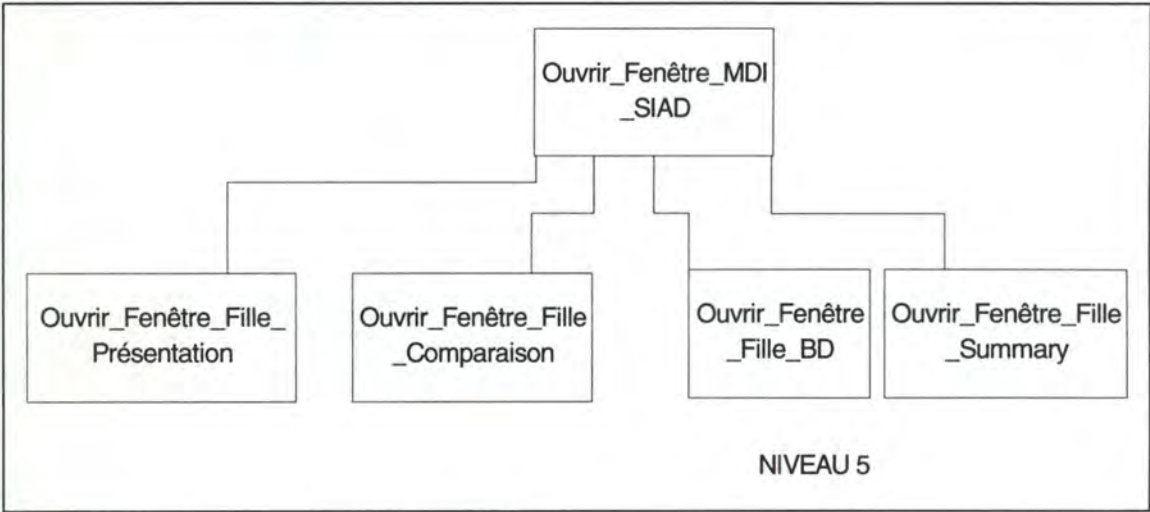


fig. 4.10 . : structure globale

- Présentation

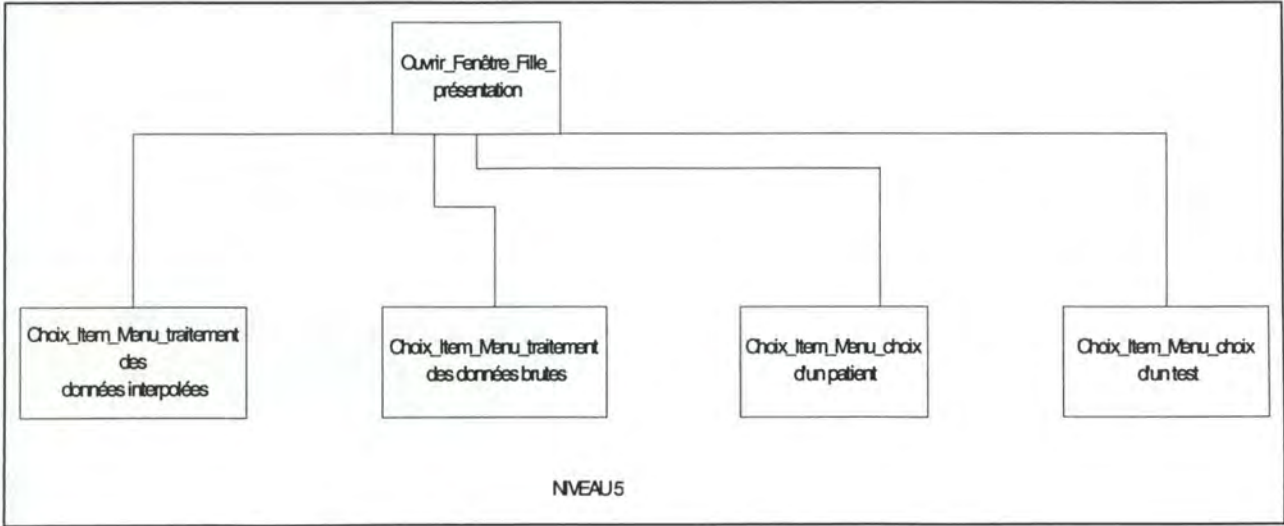


fig. 4.11 . : présentation

• **Présentation des données interpolées sous forme de garphe cartésien**

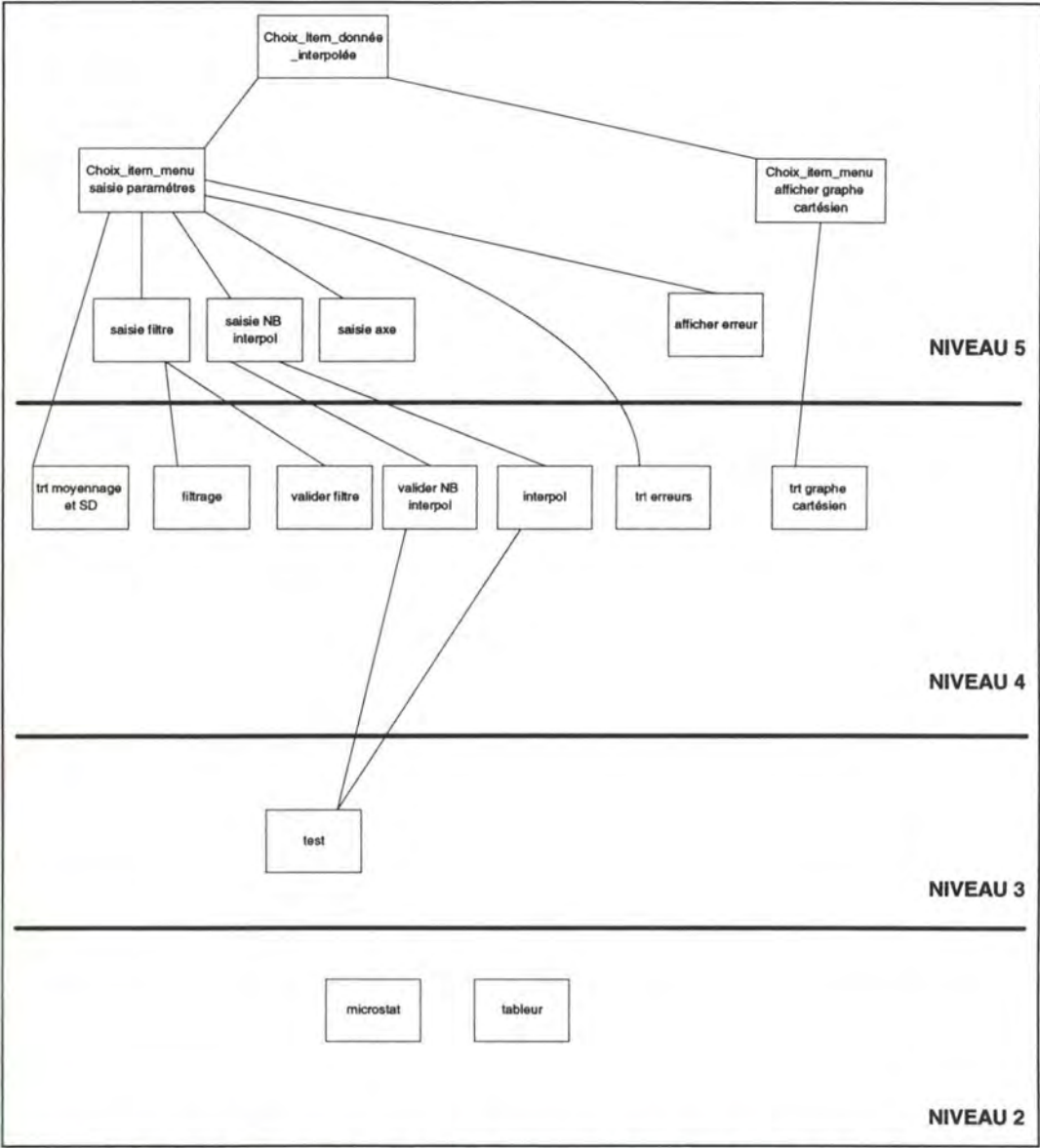


fig 4.12 : présentation des données interpolées sous forme de garphe cartésien

• **Choix d'un patient**

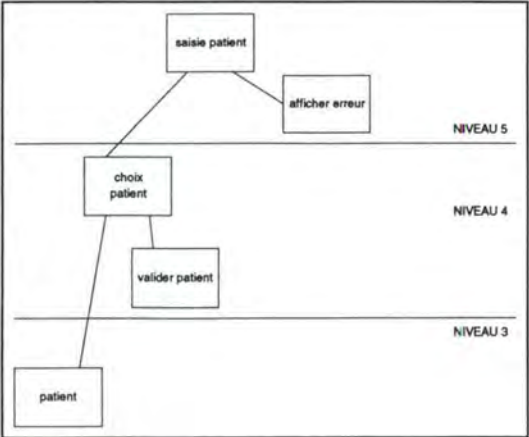


fig. 4.13 : choix patient

- **Choix test**

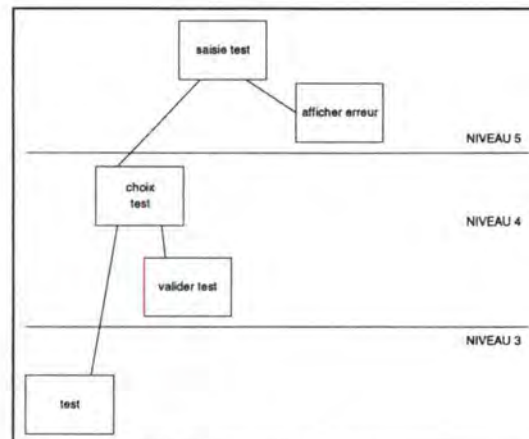


fig. 4.14 . : choix test

4.6. Architecture d'implémentation (Spécifications détaillées)

On va d'abord décrire l'interface, ensuite les modules d'accès aux données et finalement les modules de traitement (modèles).

4.6.1. L'interface

On va spécifier l'interface en se basant sur un article de Zucchinetti [ZUC94] qui décrit une ébauche de construction systématique de l'IHM d'une phase. Auparavant une structuration globale de l'interface est présentée pour la tâche d'affichage d'un graphe cartésien de données moyennées.

4.6.1.1. Structuration globale de l'interface

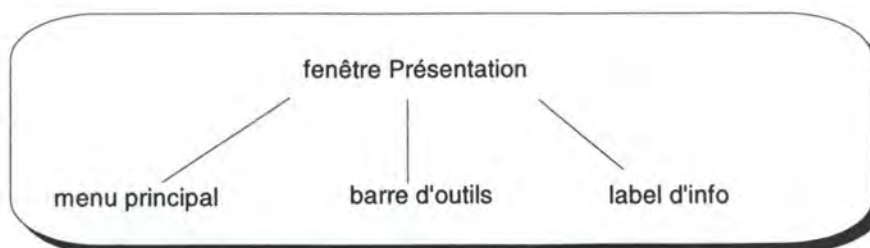


fig. 4.15 . : fenêtre présentation

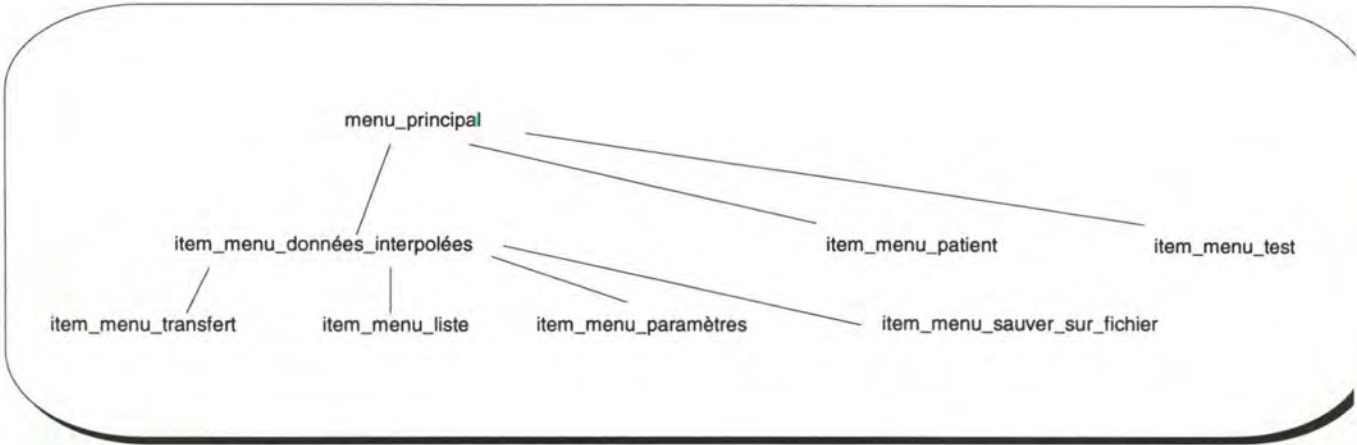


fig. 4.16 . : menu principal

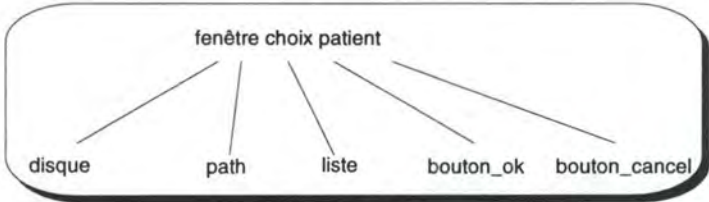


fig. 4.17 . : fenêtre choix patient

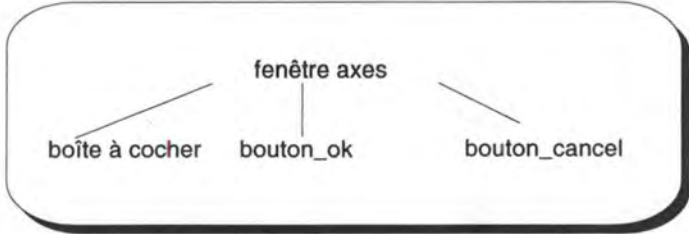


fig. 4.18 . : fenêtre axes

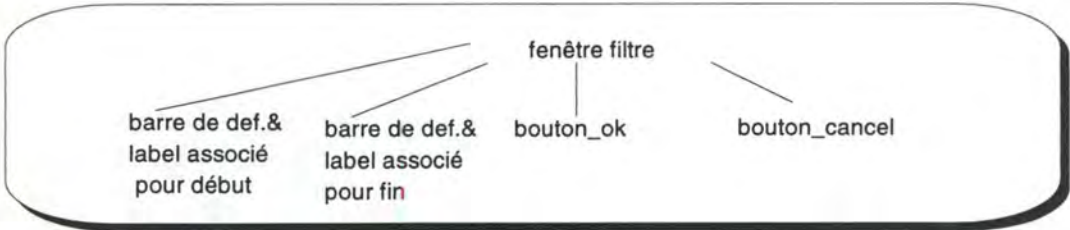


fig. 4.19 . : fenêtre filtre

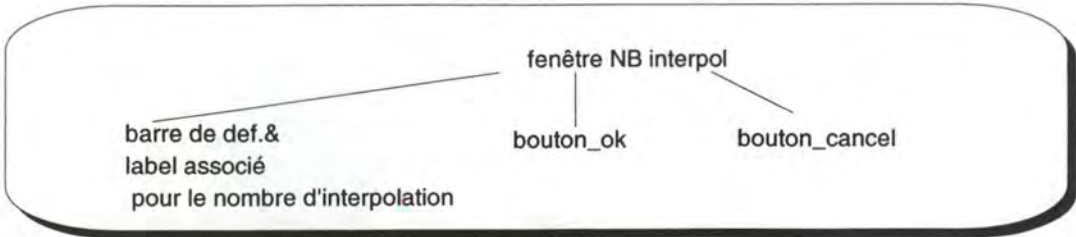


fig. 4.20 . : fenêtre NB interpol

4.6.1.2. La spécification de l'interface

La méthode présentée dans [ZUC94] se base sur le modèle de Seeheim qui décompose l'IHM en trois parties :

1. la mémoire (ou état de l'IHM),
2. la présentation et
3. la conversation.

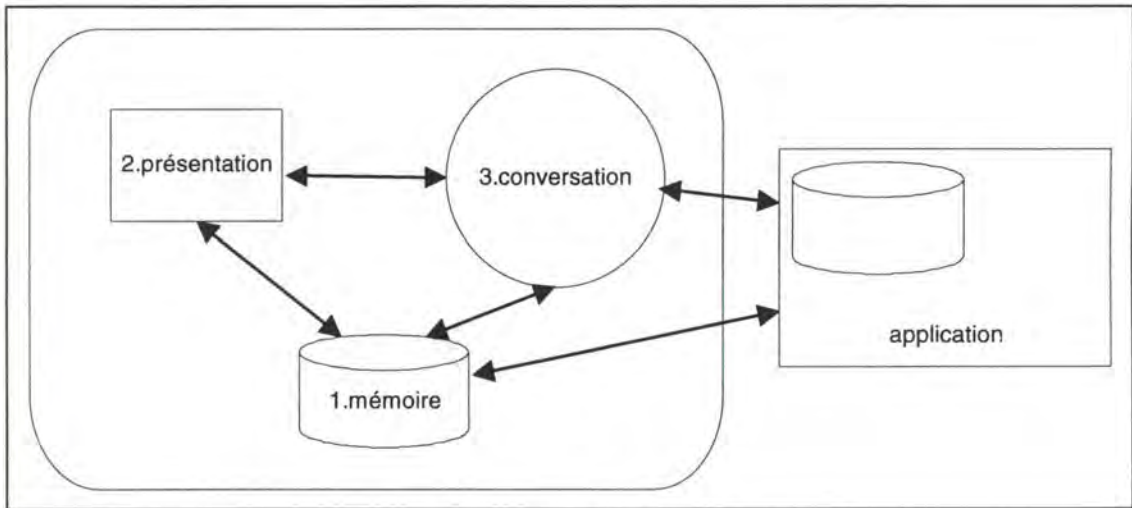


fig 4.21 . : modèle de Seeheim

A partir des spécifications fonctionnelles et du graphe d'enchaînement des fonctions, on génère la mémoire de l'interface, ensuite la présentation et la conversation pour terminer.

On va donner un exemple d'application de cette méthode sur la tâche qui consiste à afficher un graphe moyenné d'un test d'un patient.

4.6.1.3. Graphe d'enchaînement des fonctions

La tâche est composée de 4 sous-tâches qui s'enchaînent et qui sont les suivantes :

1. choix d'un patient,
2. choix du test d'un patient,
3. choix des paramètres d'interpolation et
4. affichage du graphe.

- **Graphe d'enchaînement GLOBAL**

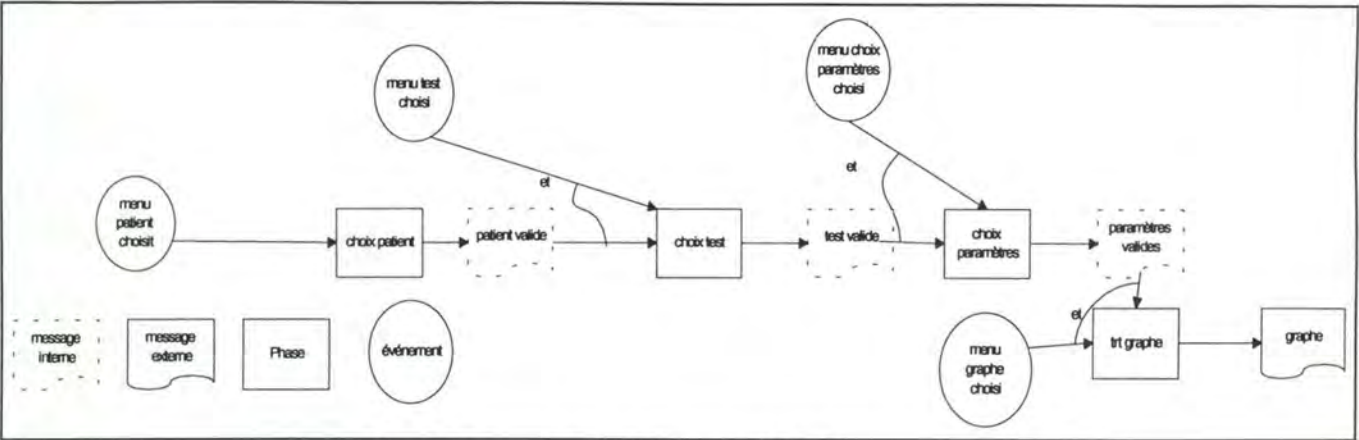


fig. 4.22 . : graphe d'enchaînement GLOBAL

- **Graphe d'enchaînement de la Sous-tâche 1 : Choix patient**

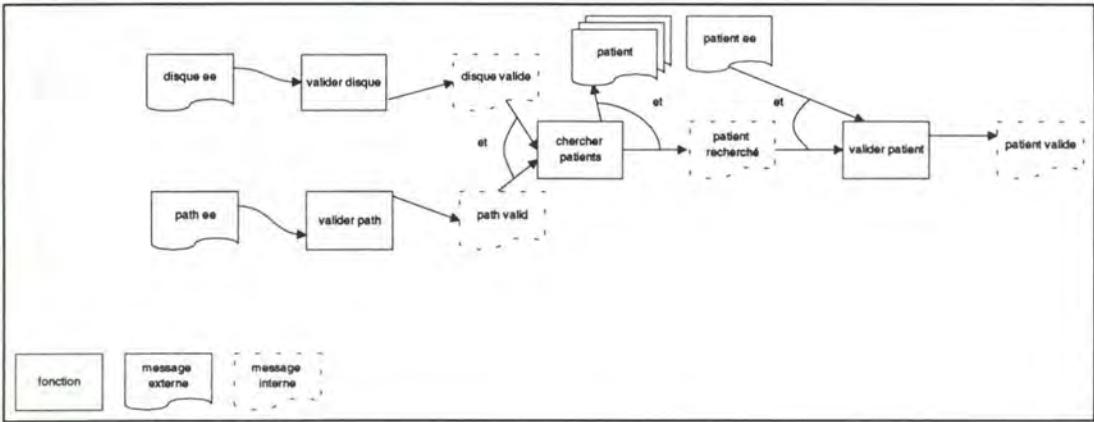


fig. 4.23 . : graphe d'enchaînement de la Sous-tâche 1 : Choix patient

- **Graphe d'enchaînement de la Sous-tâche 2 : Choix test**

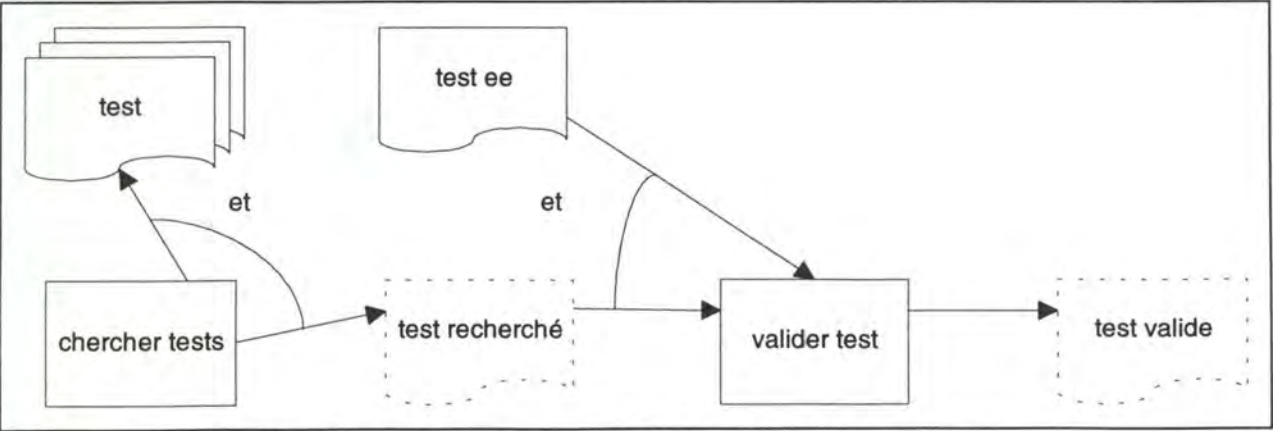


fig. .24 . : graphe d'enchaînement de la Sous-tâche 2 : Choix test

- Graphe d'enchaînement de la Sous-tâche 3 : Choix des paramètres d'interpolation**

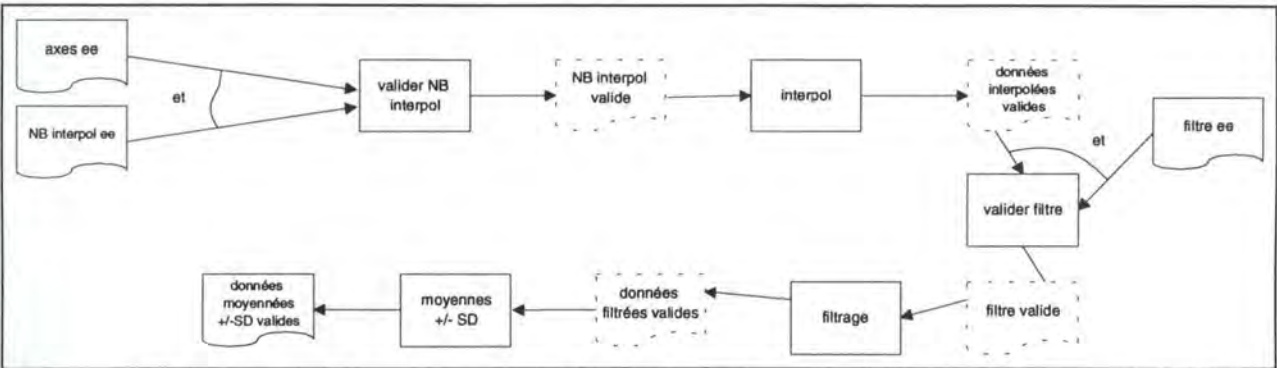


fig. 4.25 . : Graphe d'enchaînement de la Sous-tâche 3 : Choix des paramètres d'interpolation

- Graphe d'enchaînement Sous-tâche 4 : afficher le graphe à données interpolées**

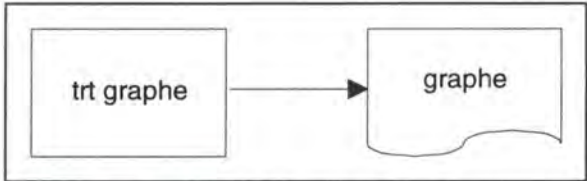


fig. 4.26 . : Graphe d'enchaînement Sous-tâche 4 : afficher le graphe à données interpolées

4.6.1.4. Mémoire de l'interface

La mémoire de l'interface est composée des messages décrits dans la spécification fonctionnelle. Un message est caractérisé par le fait qu'il est disponible ou non et par les éléments qu'il contient.

Elle est aussi composée de variables auxiliaires utilisées lors de l'accumulation de messages, pour faciliter l'écriture de la spécification et utilisées lors d'adaptations effectuées au niveau de la présentation ou de la conversation.

- Description des messages globaux de la tâche**

Ce sont les messages qui seront connus par l'ensemble des Sous-tâches pour réaliser leurs enchaînement. Ils sont appelés 'messages globaux'.

<i>nom du message</i>	<i>contenu du message</i>
<i>patient valide</i>	patient valide & nom, prénom et SSN du patient
<i>test valide</i>	test valide & nom et path du test & nom, prénom et SSNdu patient

<i>données moyennées +/- SD valides valide</i>	données moyennées et données moyennée valide
--	--

• **Description des messages de la Sous-tâche 1 : Choix patient**

<i>nom du message</i>	contenu du message
<i>disque ee (ee : en entré)</i>	disque
<i>disque valide</i>	disque valide et nom disque
<i>path ee</i>	path
<i>path valide</i>	path valide et nom path
<i>patient ee</i>	nom, prénom, SSN d'un patient
<i>patient</i>	nom, prénom, SSN d'un patient
<i>patient valide</i>	patient valide & nom, prénom et SSN du patient
<i>patient recherché</i>	nom, prénom, SSN d'un patient

• **Description des messages de la Sous-tâche 2 : Choix test**

<i>nom du message</i>	contenu du message
<i>test ee (ee : en entré)</i>	nom et path d'un test
<i>test valide</i>	test valide & nom et path du test & nom, prénom et SSN ¹³ du patient
<i>test</i>	nom et path d'un test
<i>test recherché</i>	nom et path d'un test

• **Description des messages de la Sous-tâche 3 : Choix paramètres d'interpolation**

<i>nom du message</i>	contenu du message
<i>axes ee (ee : en entré)</i>	axes valides et nom des axes
<i>NB interpol valide</i>	NB interpol valide et axes valides et nom des axes
<i>filttre ee</i>	nombre de 1/2 cycles a enlever en fin et début de test
<i>filtre valide</i>	nombre de 1/2 cycles a enlever en fin et début de test
<i>données interpolées valides</i>	données interpolées et données interpolées valides
<i>données filtrées valides</i>	données filtrées et données filtrées valide

¹³Pour rappel : Social Security Number qui est aussi le path des tests du patient

<i>données moyennées +/- SD valides valide</i>	<i>données moyennées et données moyennée valide</i>
--	---

• **Description des messages de la Sous-tâche 4 : Afficher graphe**

<i>nom du message</i>	<i>contenu du message</i>
<i>graphe</i>	<i>données moyennées sur un graphe cartésien</i>

4.6.1.5. Présentation

La présentation est décrite par des masques d'écran comprenant :

- des objets interactifs de saisie, d'affichage et de déclenchement d'événements,
- des objet interactifs d'erreur ou d'aide et
- des objets de présentation.

Elle est générée à partir de la spécification fonctionnelle :

- message en entrée de phase → OI de saisie,
- autres messages → objets d'affichage,
- accumulation de messages → affichage sous forme de liste et
- fonctions → objets déclencheurs (ou déclenchement implicite).

Des adaptations sont possibles. Elles sont d'ordre visuel, des boutons permettant le déclenchement de fonctions de l'interface et permettant de contrôler le dialogue.

Les abbréviations employées sont les suivantes :

O	pour Objet
I	pour Interractif
S	pour Saisie
A	pour Affichage
D	pour déclenchement

• **Description des objets interractifs de la Sous-tâche 1 : Choix Patient**

<i>nom du message</i>	objet interractif associé
<i>disque ee</i>	OISA boîte de sélection d'unité
<i>path ee</i>	OISA boîte de sélection de répertoire
<i>patient</i>	OISA boîte Combo

<i>patient ee</i>	OISA boîte Combo
<i>nom de la fonction</i>	
<i>valider patient</i>	OID bouton_tests & OIAS boîte Combo
<i>valider disque</i>	OISA boîte de sélection d'unité
<i>valider path</i>	OISA boîte de sélection de répertoire

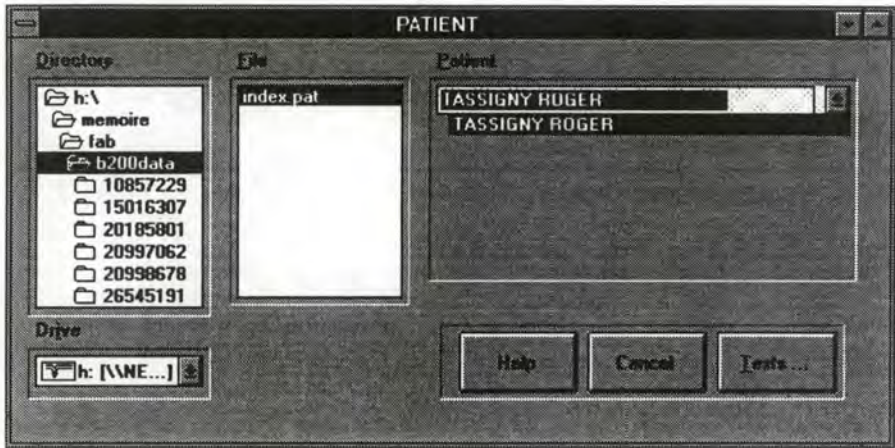


fig. 4.27 :Choix d'un patient¹⁴

• Description des objets interactifs de la Sous-tâche 2 : Choix test

<i>nom du message</i>	object interractif associé
<i>test ee</i>	OISA boîte Combo
<i>test</i>	OISA boîte Combo
<i>nom de la fonction</i>	
<i>valider test</i>	OID bouton_ok & OISA boîte Combo

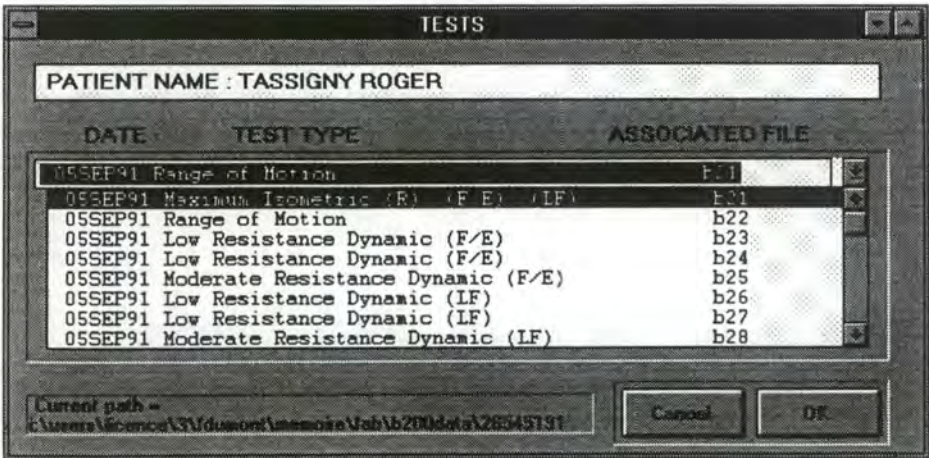


fig. 4.28 : Choix d'un test¹⁵

¹⁴la liste de sélection des fichiers doit être enlevée, elle a servit a tester le programme & le bouton d'aide était un bouton qui lançait un message pour la personne qui a testé le programme

¹⁵le current path a servit a tester le programme

- Description des objets interactifs de la Sous-tâche 3 : Choix paramètres d'interpolation

<i>nom du message</i>	<i>objet interactif associé</i>
<i>axes ee</i>	OIS boîte à cocher
<i>filtre ee</i>	OIS flèches de défilement et OIA étiquettes
<i>NB interpol ee</i>	OIS flèches de défilement et OIA étiquettes
<i>nom de la fonction</i>	
<i>valider filtre</i>	OD bouton_ok et bouton_cancel
<i>valider NB interpol</i>	OD bouton_ok et bouton_cancel

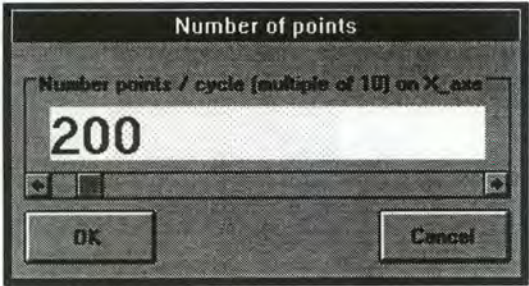


fig.4.29 . : nombre de points

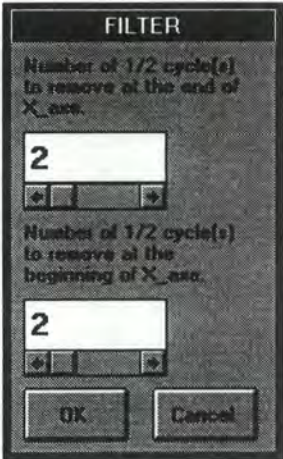


fig.4.30 . : choix d'un filtre

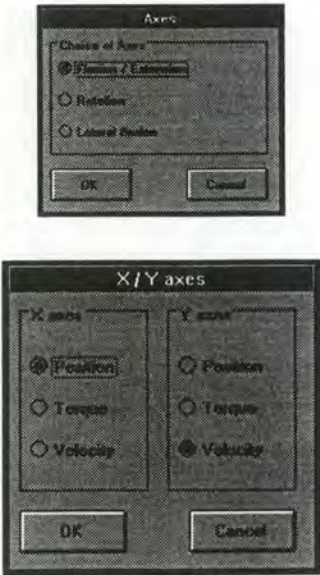


fig 4.31¹⁶ . : choix des axes

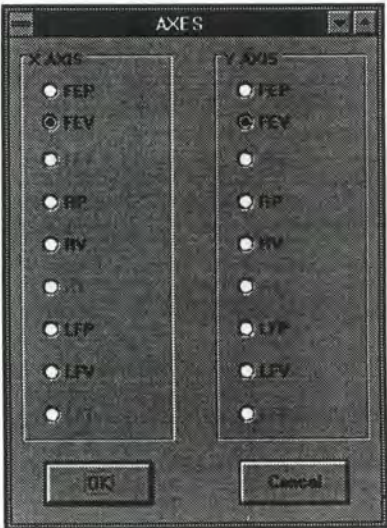


fig 4.32 . : choix des axes

¹⁶La figure 4.31 et la figure 4.32 . représentent deux possibilités pour le choix des axes

- Description des objets interactifs de la Sous-tâche 4 : Afficher le graphe interpolé

<i>nom du message</i>	object interractif associé
<i>graphe</i>	pictures comprenantants les graphes

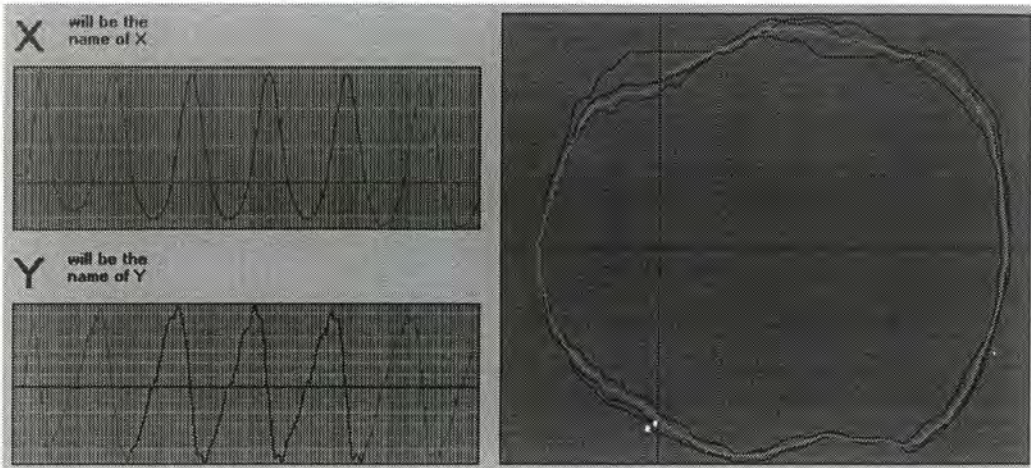


fig. 4. 33. : le graphe cartésien, la moyenne et les 2 axes par rapport au temps

4.6.1.6. Conversation

La conversation veille à assurer la séquence correcte des appels aux fonctions. Elle est organisée en 3 couches.

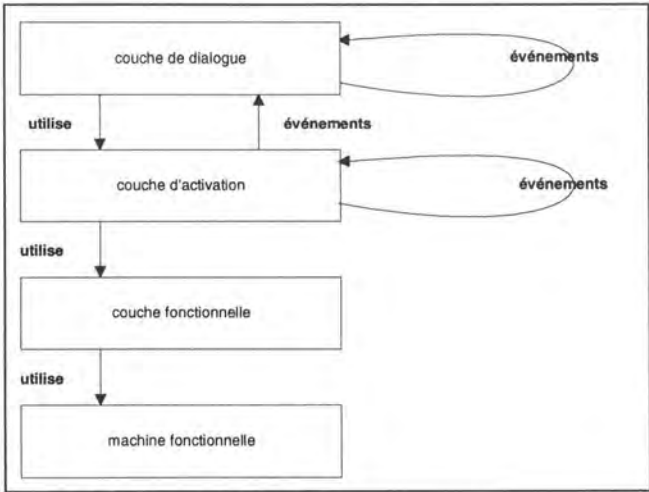


fig 4.34 . : les 4 couches

4.6.1.6.1. La machine fonctionnelle

Elle est décrite par l'ensemble des fonctions associées aux modules de traitement. Ces modules sont définis dans la partie 4.6.3.

4.6.1.6.2. Dérivation de la couche fonctionnelle à partir du graphe d'enchaînement

Elle est directement dérivée du graphe d'enchaînement de la spécification fonctionnelle.

On aura :

1. Un Objet de Contrôle de FONCTIONS par fonction du graphe d'enchaînement. Cet objet couvre : la fonction et ses messages en sortie. Et un OCFONCT par message en entrée de la phase qui couvre ce message.
2. Les OCFONCT sont organisés dans une hiérarchie reflétant le graphe d'enchaînement.
3. Pour chaque OCFONCT de fonction, on a une primitive effectuant l'appel à la machine fonctionnelle.
4. Pour tout OCFONCT de message d'entrée, on a une primitive qui permet d'affecter une valeur au message concerné. Cette affectation provoque une invalidation des OCFONCT dépendants.

• Graphe d'enchaînement et OCFONCT de la Sous-tâche 1 : Choix d'un patient

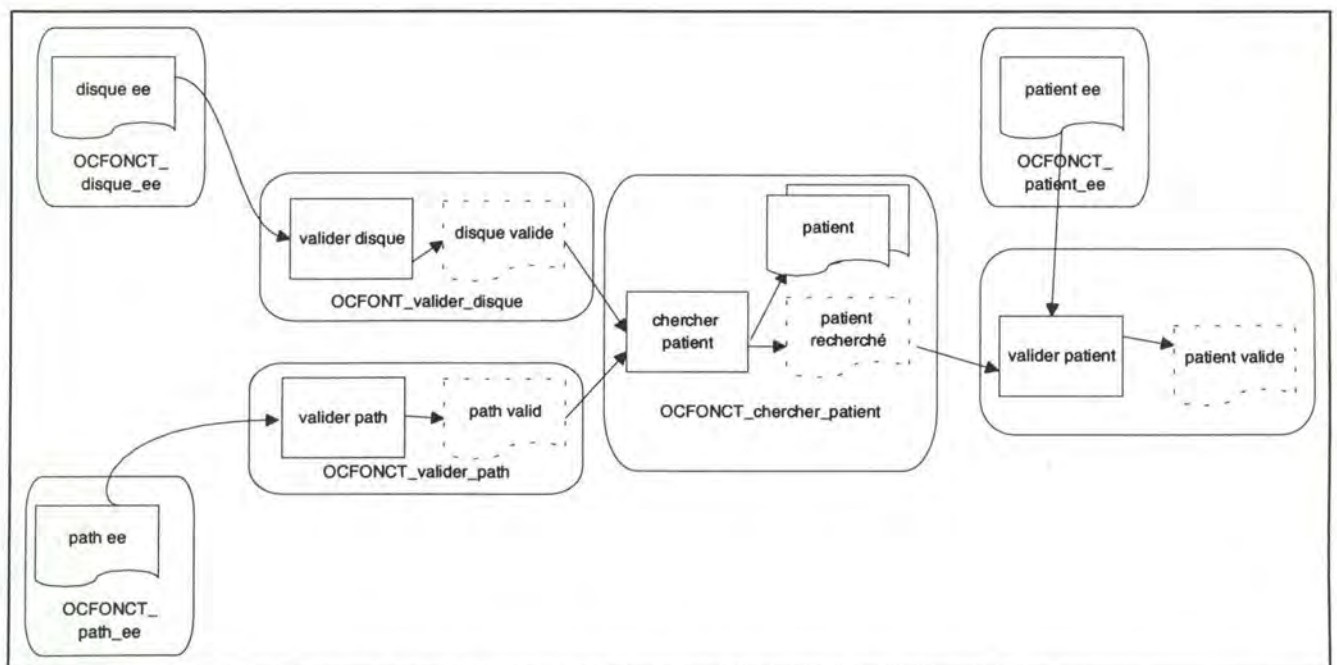


fig. 4.35 . : graphe d'enchaînement et OCFONCT de la Sous-tâche 1 : Choix d'un patient

- **Graphe d'enchaînement et OCFONCT de la Sous-tâche 2 : Choix d'un test**

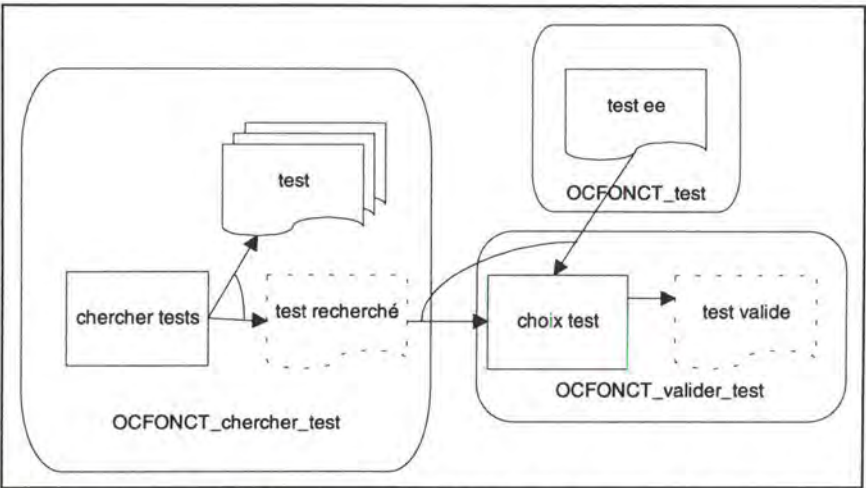


fig. 4.36 . : graphe d'enchaînement et OCFONCT de la Sous-tâche 2 : Choix d'un test

- **Graphe d'enchaînement et OCFONCT de la Sous-tâche 3 : Choix des paramètres d'interpolation**

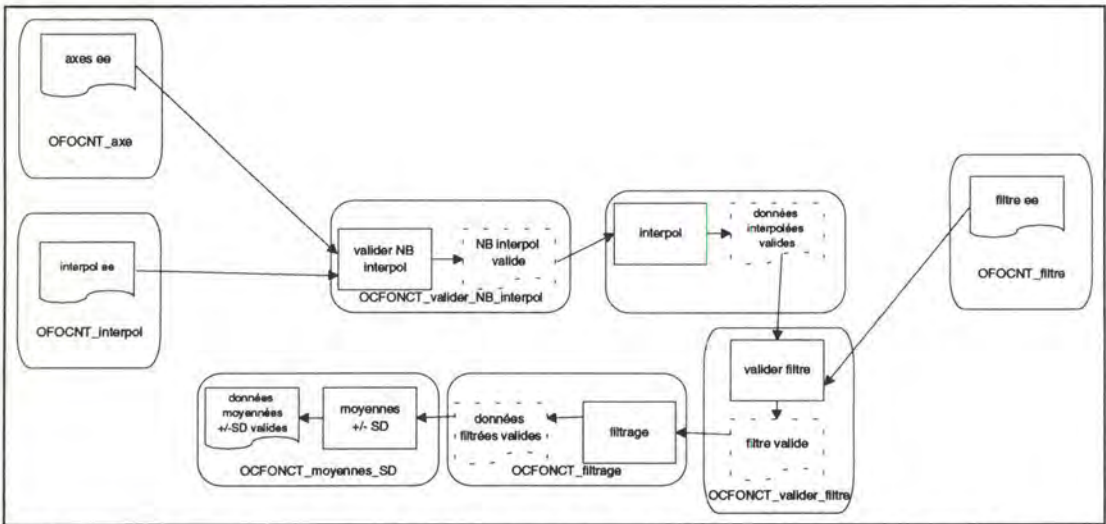


fig. 4.37 . : graphe d'enchaînement et OCFONCT de la Sous-tâche 3 : Choix des paramètres d'interpolation

- **Graphe d'enchaînement et OCFONCT de la Sous-tâche 4 : Afficher un graphe**

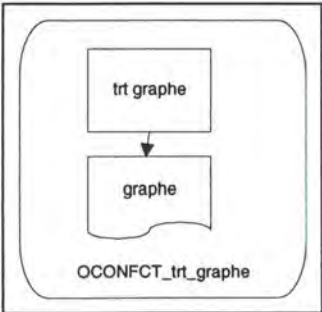


fig. 4.38 . : graphe d'enchaînement et OCFONCT de la Sous-tâche 4 : Afficher un graphe

- **Organisation des OCFONCT de la Sous-tâche 1 : Choix patient**

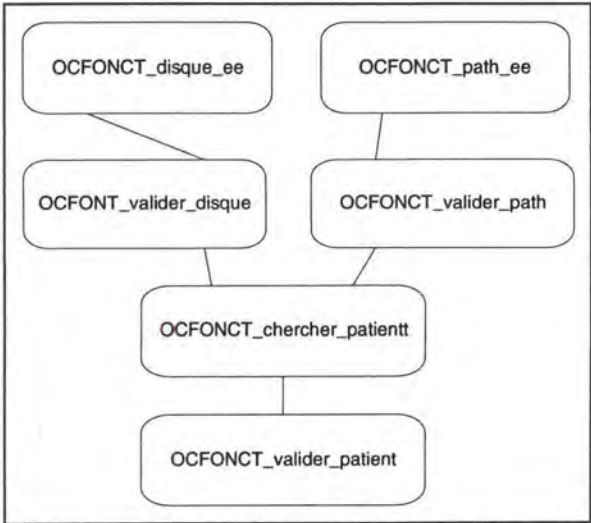


fig. 4. 39. : organisation des OCFONCT de la Sous-tâche 1 : Choix patient

- **Organisation des OCFONCT de la Sous-tâche 2 : Choix test**

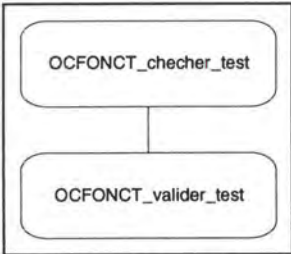


fig. 4.40 . : organisation des OCFONCT de la Sous-tâche 2 : Choix test

- **Organisation des OCFONCT de la Sous-tâche 3 : Choix des paramètres d'interpolation**

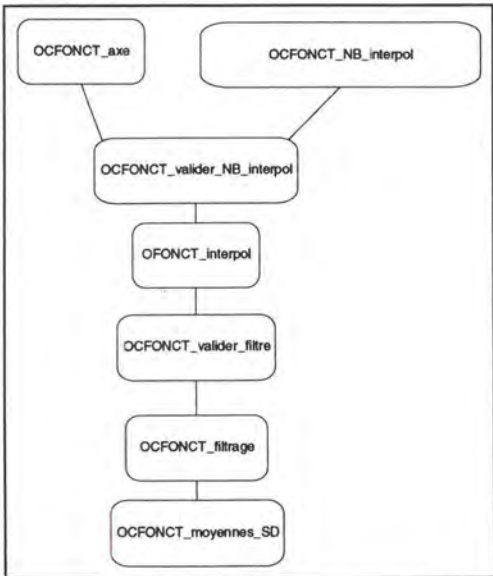


fig. 4.41 . : organisation des OCFONCT de la Sous-tâche 3 : Choix des paramètres d'interpolation

- **Organisation des OCFONCT de la Sous-tâche 4 : Afficher graphe**

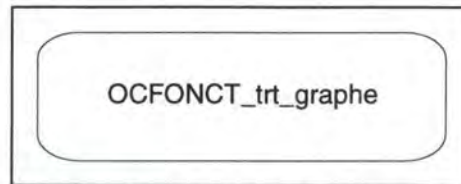


fig. 4.42 . : organisation des OCFONCT de la Sous-tâche 4 : Afficher graphe

- **Spécification de la couche fonctionnelle**

OCFONCT de Type message

OCFONCT_filter_ee

Variables d'instance

Message encapsulé : filtre_ee

OCFONCT dépendant : OCFONCTvalider_filtre

Primitives

prEtablir(Valeur)

SELF.prInvalidier

filtre_ee := Valeur

PrInvalidier

OCFONCTvalider_fitre.prInvalidier

idem pour

OCFONCT_path_ee,

OCFONCT_disque_ee,

OCFONCT_patient_ee,

OCFONCT_axe_ee et

OCFONCT_NB_interpol.

OCFONCT de Type fonction

OCFONCT_valider_filtre

Variables d'instance

Fonction encapsulée : valider_filtre(Début,Fin)

Message encapsulé : filtre_valide

OCFONCT dépendant : OCFONCT_filtrage

Primitives

prAppelFonction

SELF.prInvalidier

Appeler (valider_filtre(Début,Fin)) Retourner(filtre_valide) <i>PrInvalider</i> filtre_valide := Invalide OCFONCTfiltrage.prInvalider

idem pour

OCFONCT_valider_path,
OCFONCT_valider_disque,
OCFONCT_chercher_patient,
OCFONCT_valider_patient,
OCFONCT_chercher_test,
OCFONCT_valider_test,
OCFONCT_valider_NB_interpol,
OCFONCT_interpol,
OCFONCT_filtrage,
OCFONCT_moyenne_SD et
OCFONCT_trt_graphe.

4.6.1.6.3. Dérivation de la couche d'activation

Cette couche a pour objectif de déclencher les appels de fonctions sollicités par l'utilisateur et de garantir que l'appel des fonctions ne soit possible que lorsque tous les messages nécessaires sont disponibles.

Les Objets de Contrôle d'Activation sont organisés en un graphe de dépendance caractérisé par :

1. l'événement principal qui déclenche l'OCA,
2. les OCFONCT dont ils utilisent les primitives et
3. la liste des messages indispensables pour utiliser les primitives fonctionnelles. Leur présence ou absence détermine l'état de l'objet déclencheur.

Les OCA disposent de 3 méthodes :

1. la réaction à l'événement principal de l'OCA qui
 - appelle sa propre méthode ETEINDRE,
 - appelle les primitives des OCFONCT contrôlés et
 - passe l'événement ALLUMER aux OCA dépendants.
2. la réaction à l'événement ETEINDRE qui
 - rend inactifs les objets déclencheurs de l'événement principal et

- passe l'événement ETEINDRE aux objets dépendants.

3. la réaction à l'événement ALLUMER qui

- vérifie la disponibilité des messages en entrée de l'OCA et rend actif l'objet déclencheur et
- passe l'événement ALLUMER aux objets dépendants.

La couche d'activation est obtenue en plaçant des éléments déclencheurs sur le graphe d'enchaînement.

1. La portée de OCA est inscrite sur le graphe d'enchaînement.
2. La portée définie détermine les primitives à appeler en réaction au déclenchement de l'événement principal.
3. Les messages en entrée de l'OCA déterminent les méthodes ALLUMER.
4. La méthode ETEINDRE désactive l'objet déclenchant l'OCA.

Les méthodes ALLUMER et ETEINDRE sont ensuite complétées par le passage systématique des événements ALLUMER et ETEINDRE aux OCA dépendants.

• Graphe d'enchaînement des objet de contrôle d'activation de la SOUS-TÂCHE 1 : Choix patient

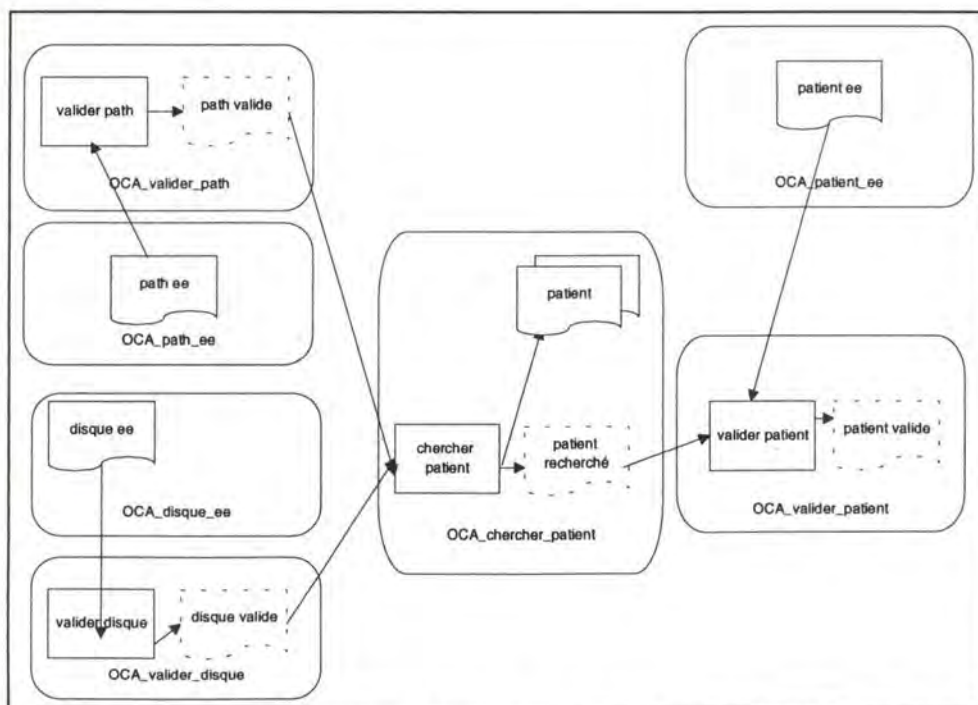


fig. 4.43 : graphe d'enchaînement des objet de contrôle d'activation de la SOUS-TÂCHE 1 : Choix patient

- Grappe d'enchaînement des objet de contrôle d'activation de la SOUS-TÂCHE 2 : Choix test**

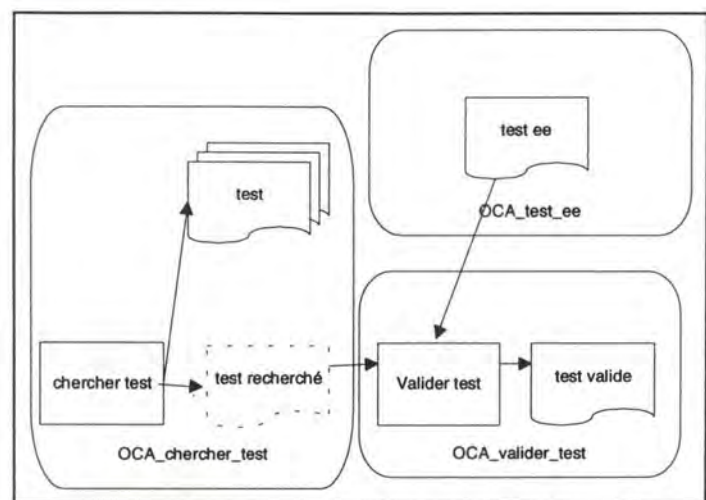


fig. 4.44 . : graphe d'enchaînement des objet de contrôle d'activation de la SOUS-TÂCHE 2 : Choix test

- Grappe d'enchaînement des objet de contrôle d'activation de la SOUS-TÂCHE 3 : Choix paramètres d'interpolation**

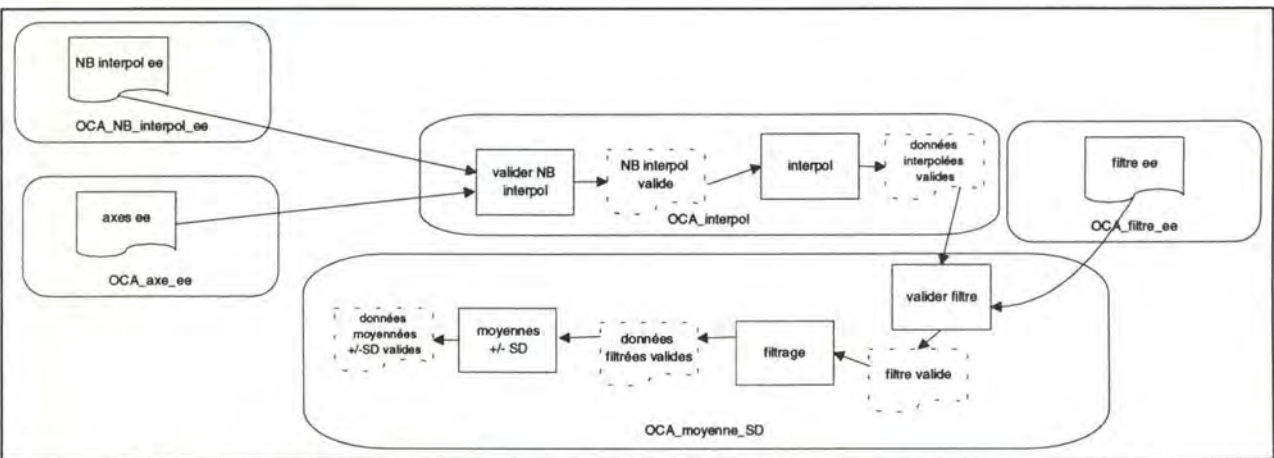


fig. 4.45. . : graphe d'enchaînement des objet de contrôle d'activation de la SOUS-TÂCHE 3 : Choix paramètres d'interpolation

- Grappe d'enchaînement des objet de contrôle d'activation de la SOUS-TÂCHE 4 : Afficher graphe**

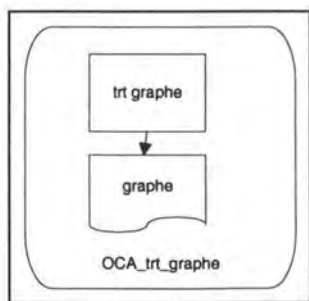


fig. 4.46 . : graphe d'enchaînement des objet de contrôle d'activation de la SOUS-TÂCHE 4 : Afficher graphe

- Organisation des OCA de la Sous-tâche 1 : Choix patient**

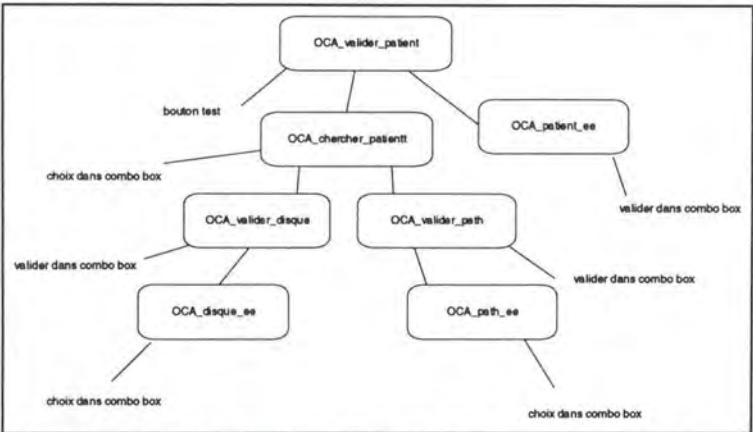


fig. 4.47 . : organisation des OCA de la Sous-tâche 1 : Choix patient

- Organisation des OCA de la Sous-tâche 2 : Choix test**

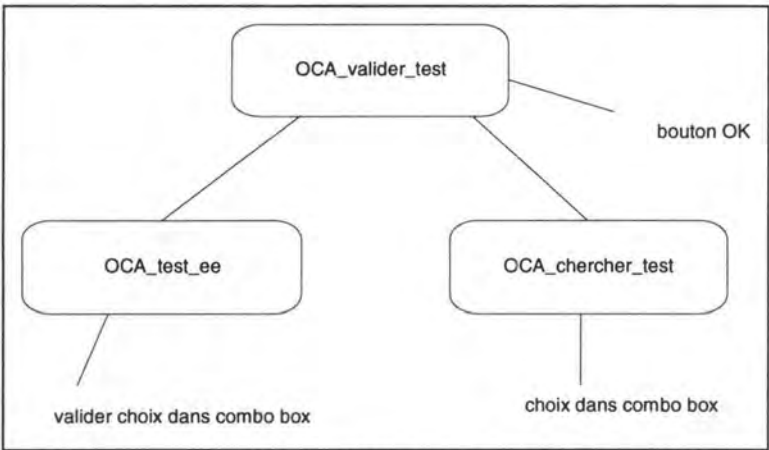


fig. 4.48 . : organisation des OCA de la Sous-tâche 2 : Choix test

- Organisation des OCA de la Sous-tâche 3 : Choix paramètres d'interpolation**

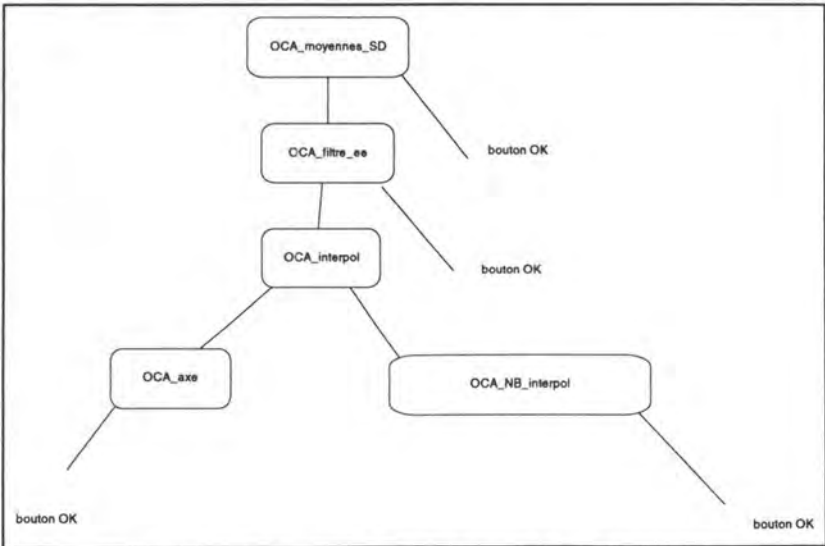


fig. 4.49 . : organisation des OCA de la Sous-tâche 3 : Choix paramètres d'interpolation

- **Organisation des OCA de la Sous-tâche 4 : Afficher graphe**

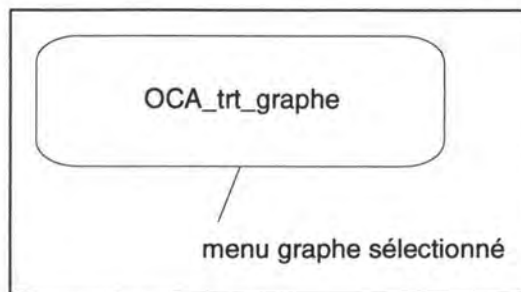


fig. 4.50 . : organisation des OCA de la Sous-tâche 4 : Afficher graphe

- **Description des objets de contrôle d'activation**

OCA_moyenne_SD,

Variables d'instance

Événement déclenchant : cliquage OID bouton_ok

Objet déclencheur : OID bouton_ok

OCFONCT contrôlés :

{OCFONCTvalider_filtre,OCFONCTfiltrage,OCFONCT_moyenne_SD}

Messages indispensables : {filtre valide, filtre ee}

OACT dépendant : /

Evénements

réaction(cliquage OID bouton_ok)

SELF.prEteindre

OCFONCTvalider_filtre.prEtablirValeur()

Si (Le nombre de cycle après filtrage est > 2). Alors

Générer(evt_filtre_valide et msg_filtre_valide)

Sinon

MsgErreur('Fitre not suitable for interpolation')

FinSi

OCFONCTfiltrage.prEtablirValeur()

Si (evt_filtre_valide généré) Alors

Filtrer

SI (Filtrage fructueux) Alors

Générer(evt_filtrage_valide et
msg_données_filtrées_valide)

Sinon

MsgErreur('Filtrage fail')

FinSi

FinSi

```

OCFONCTmoyenne_SD.prEtablirValeur()
Si (evt_filtrage_valide généré) Alors
    Calculer la moyenne et la SD
    SI (Moyennage fructueux) Alors
        Générer(evt_moyenne_SD_valide et
            msg_moyenne_SD_valide)
    Sinon
        MsgErreur('Mean fail')
    FinSi
FinSi

```

Primitives

```

prEteindre
    OCA_moyenne_SD.prEteindre
PrAllumer
    OCA_moyenne_SD.prAllumer

```

OCA_choix_disque,
OCA_choix_path,
OCA_chercher_patient,
OCA_choix_patient,
OCA_chercher_test,
OCA_choix_test,
OCA_choix_axes,
OCA_choix_NB_interpol,
OCA_interpol,
OCA_moyenne_SD et
OCA_trt_graphe.

4.6.1.6.4. Dérivation de la couche de dialogue

Les couches fonctionnelles et d'activation assurent un comportement minimum MAIS ne tiennent pas compte :

- ni des éléments de présentation supplémentaires
- ni des comportements souhaitables d'un point de vue ergonomique.

C'est pourquoi la couche de dialogue a été introduite.

La couche de dialogue peut :

1. recevoir des événements de la couche d'activation,
2. utiliser des primitives offertes par les OCA et
3. gérer ses propres événements.

Les OCDIAL sont obtenus par découpe de la phase en Unités de Présentation et de celles-ci en fenêtres.

Les étapes sont les suivantes :

1. L'envoi d'événements par les OCA vers les OCDIAL simule une forme de redéfinition de leur comportement.
2. La couche de dialogue utilise les primitives offertes par les OCA pour modifier l'état des éléments qu'ils contrôlent. Cette encapsulation assure la préservation de la cohérence de la couche fonctionnelle.
3. La couche de dialogue gère les objets déclencheurs non fonctionnels.

- **Découpe de la phase en UP et des UP en fenêtres**

On découpe la tâche en 4 unités de présentation (UP) qui correspondent à chacune des Sous-tâches:

- UP 1 : Choix patient qui est composée d'une seule fenêtre,
- UP 2 : Choix test qui est composée d'une seule fenêtre,
- UP 3 : Choix paramètres qui est composée de trois fenêtres et
- UP 4 : Afficher le graphe qui est composée d'une seule fenêtre.

- **Le script de la couche de dialogue est le suivant :**

GLOBAL

QUAND menu patient activé
ACTION ouvrir fenêtre choix patient

QUAND menu test activé
ACTION ouvrir fenêtre choix test

QUAND menu paramètres activé
ACTION ouvrir fenêtre choix paramètres

QUAND menu graphe activé
ACTION ouvrir fenêtre garphe

SOUS-TÂCHE 1

QUAND path choisi & disque choisi
ACTION remplir la boîte Combo avec les patients

QUAND un patient a été choisi (via bouton_tests ou via la boîte Combo)
ACTION fermer la fenêtre patient et ouvrir la fenêtre test

SOUS-TÂCHE 2

QUAND un test a été choisi (via bouton_ok ou via la boîte Combo)
ACTION fermer la fenêtre test

SOUS-TÂCHE 3

QUAND les axes ont été choisi (bouton_ok de la fenêtre axes)
ACTION fermer la fenêtre axes et ouvrir la fenêtre NB interpol

QUAND le NB interpol est valide
ACTION fermer la fenêtre NB interpol et ouvrir la fenêtre filtre

QUAND le filtre est valide
ACTION fermer la fenêtre filtre

SOUS-TÂCHE 4

/

• Couche de dialogue

On va décrire la première étape du script de la sous-tâche 3 :

QUAND les axes ont été choisi (bouton_ok de la fenêtre axes) ACTION fermer la fenêtre axes et ouvrir la fenêtre NB interpol
--

OCDAfficherGraphe

Réaction à l'événement *bouton_ok sélectionné*

OBJ : OCDUP.pr.ouvrir_fenêtre
OCDAfficherGraphe.evt_bouton_ok_select

OCDUPChoixParamètres

Réaction à l'événement *filtre_valide*

OBJ : OCFFiltre_ee(valeur_filtre)

CDDFenêtreFiltre

Réaction à l'événement *bouton_ok sélectionné*

OBJ : Self.pr.fermer_fenêtre
OCUDPChoixParamètres.evt_bouton_ok_select

- **Graphe de dépendance des OCD et génération d'événements depuis la couche d'activation vers la couche de dialogue**

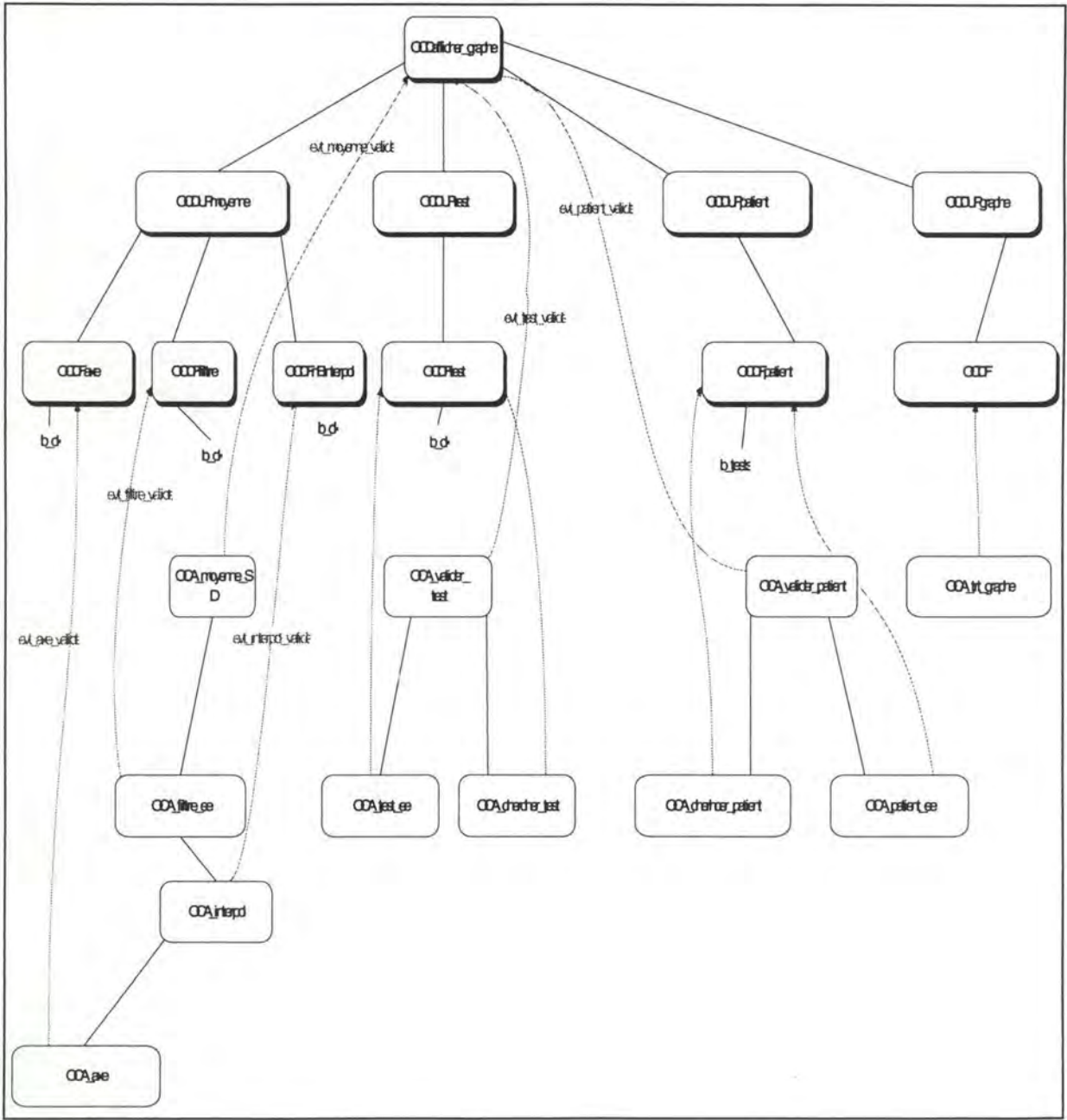


fig. 4. 51. : Graphe de dépendance des OCD et génération d'événements depuis la couche d'activation vers la couche de dialogue

4.6.2. Modules d'accès aux données¹⁷

On va décrire les services offerts aux modules de traitement pour Test, Patient (qui sont ceux nécessaire dans le cadre qu'on s'est fixé).

¹⁷Cette description est l'aboutissement de la démarche décrite dans [HAI86]

- **Test :lire le path d'un test.**

lirePathTest(argument : pathChoisi (disque_ee&path_ee); résultat : pathTest, success)

lecture du fichier pathChoisi/index.pat

- **Etat Test : lire le nombre de tests.**

lireNBTests(argument : pathPatient); résultat :TestNB, success)

lecture du fichier pathPatient/index.fil

- **Test :lire les valeurs d'un test.**

lireValTest(argument : pathTest; résultat : données, success)

lecture du fichier pathTest/b2*.val

lecture du fichier pathTest/b2*.rep

lecture du fichier pathTest/b2*.dat

- **Test :lire le nom des tests.**

lireNomTests(argument : pathTest,NBtests; résultat : nom[NBtests], success)

lecture du fichier pathTest/b2*.val

- **Etat Patient : lire le nom et le prénom d'un patient.**

lireNPPatient(argument : pathPatient; résultat :nom,prenom, success)

lecture du fichier pathPatient/b2*.val

- **Etat Patient : lire le nombre de patients.**

lireNBPatient(argument : pathChoisi (disque_ee&path_ee); résultat :PatNB,NomPat[PatNB], success)

lecture du fichier pathChoisi/index.pat

4.6.3. Modules de traitements

- Modules de traitement associés

Chercher patient	
Arguments	<i>pathChoisi</i>
Résultats	<i>Patients[PatNB],success</i>
Services utilisés	<i>lireNBPatient</i>

Valider patient	
Arguments	<i>pahPatient</i>
Résultats	<i>success</i>
Services utilisés	<i>lireNPPatient</i>

Chercher test	
Arguments	<i>pathTest</i> <i>NBtests</i>
Résultats	<i>Tests[NBtests]</i>
Services utilisés	<i>LireNomTests</i> <i>LireNBtests</i>

Valider test	
Arguments	<i>pathTest/b2*.val, pathTest/b2*.dat ,pathTest/b2*.rep</i>
Résultats	<i>success</i>
Services utilisés	<i>LireValTest</i>

Valider NB interpol	
Arguments	<i>NBData</i> <i>RawDataY[NBData]</i> <i>RawDataX[NBData]</i>
Résultats	<i>Success</i>
Services utilisés	<i>LireValTest</i>

Interpol	
Arguments	<i>NBInterpol</i> <i>RawDataY[NBData]</i> <i>RawDataX[NBData]</i>

Résultats	<i>interpolatedY[NBData]</i> <i>InterpolatedX[NBData]</i> <i>success</i>
Services utilisés	LireValTest

Valider Filtre	
Arguments	<i>NBDataInter</i> <i>InterpolatedY[NBData]</i> <i>InterpolatedX[NBData]</i> <i>FilterBegin</i> <i>FilterEnd</i>
Résultats	<i>FilterValid</i> <i>Success</i>

Filtrage	
Arguments	<i>NBData</i> <i>InterpolatedDataY[NBData]</i> <i>InterpolatedDataX[NBData]</i> <i>FilterBegin</i> <i>FilterEnd</i>
Résultats	<i>NBDataFilter</i> <i>FilteredDataY[NBDataFilter]</i> <i>FilteredDataX[NBDataFilter]</i> <i>success</i>

Moyenne +/- SD	
Arguments	<i>NBDataFilter</i> <i>FilteredDataY[NBDataFilter]</i> <i>FilteredDataX[NBDataFilter]</i>
Résultats	<i>Means[2,200]</i> <i>StandardDev[2,200]</i> <i>success</i>

Trt Graphe	
Arguments	<i>Means[2,200]</i> <i>StandardDev[2,200]</i> <i>success</i>

5. Conclusion

Ce SIAD pour l'évaluation fonctionnelle des protusions discales offre un ensemble de supports de présentation des données médicales, fournit un outil de comparaison de ces données, établit automatiquement un formulaire qui résume le cas d'un patient et crée une base de données d'informations médicales.

L'emploi du SIAD par les cliniciens leur permettra d'avoir une meilleure connaissance des caractéristiques des différentes pathologies.

L'étape suivante consisterait à la mise au point d'un système automatique de diagnostic, de pronostic et de recommandation de traitement. Mais est-ce bien nécessaire: quel avantage le praticien pourrait-il en retirer? De plus, est-ce faisable? Enfin, dans le rapport du clinicien avec son patient, est-ce souhaitable?

6. Lexique

A

amplitude de mouvement : distance entre les deux points extrêmes d'un mouvement

C

contraction : diminution de volume ou de longueur d'un muscle.

couple de force : ensemble de deux forces parallèles égales entre elles, de sens contraire.

D

diagnostic : détermination de l'étiologie d'une maladie.

dynamomètre : instrument qui mesure le couple de force développé par une force motrice.

E

étiologie : causes originelles d'une maladie.

extension : mouvement par lequel on étend un membre.

F

flexion : mouvement par lequel une partie du corps fait un angle avec la partie voisine; position qui résulte de ce mouvement.

force d'inertie : résistance que les corps opposent au mouvement et qui varie en fonction de la masse.

I

IHM : interface homme-machine.

inertie : propriété qu'ont les corps de ne pouvoir d'eux-mêmes changer l'état de repos ou de mouvement où ils se trouvent.

iso- : "égal"

isoinertiel : contraction pendant laquelle la résistance contre laquelle le mouvement s'effectue est constante.

isokinétique : contraction durant laquelle la longueur du muscle est constante et l'accélération est nulle.

isométrique : dont les dimensions sont égales.

isotonique : la force engendrée par le muscle reste constante.

K

kin(ési)- : "mouvement"

L

lombalgie : douleur lombaire quelle que soit la cause.

P

pathogénie : la manière (le chemin) dont la maladie se développe à partir de ses causes.

plan frontal : plan, droite de front.

plan sagittal : plan vertical, perpendiculaire au plan vu de face.

pronostic : prévision de l'évolution de la maladie.

R

rachis : colonne vertébrale, épine dorsale.

rotation : mouvement d'un corps qui se déplace autour d'un axe, au cours duquel chaque point du corps se meut avec la même vitesse angulaire.

S

SGBD : système de gestion de bases de données.

T

tonique : relatif au tonus musculaire.

tonus musculaire : état de légère tension des muscles vivants au repos, résultant d'une stimulation continue réflexe de leurs nerfs moteurs.

torque : couple de force.

V

velocity : vitesse

7. Bibliographie

- [ALP83] ALPEROVITCH A. (sous la dir. de ROY B), *La décision : ses disciplines, ses acteurs*, Presses Universitaires de Lyon, 1983.
- [BEY85] BEYNE P., PIETTE F., SIMON G., FICHEFET J., LECLERCQ J.P., *Approche mathématique dans l'identification bactérienne*, Annales de biologie clinique, vol. 43, pp239-250, 1985.
- [BOD93] BODART F., *Cours de SIAD*, Facultés Universitaires de Namur (Belgique), 1993.
- [BOD89] BODART F., *Conception assistée des systèmes d'information: méthodes, modèles, outils*, Masson, 1989.
- [CAR92] CARLIER P.L, VANDERBECKEN Fr., SZPALSKI M., HAYEZ J.P., *Isoinertial functional assessment of low-back disorders in pediatric nurses: ergonomic and rehabilitation guidelines*, Journal of Occupational Rehabilitation, vol. 2, No 3, 1992.
- [CHE94] CHEN S., *A wheighted fuzzy reasoning algorithm for medical diagnosis*, DSS, vol 11, pp 37-43, 1994.
- [CIO91] CIOS K.J., SHIN I, GOODENDAY L.S., *Using fuzzy sets to diagnostic coronary artery stenosis in Computer*, vol 24, n° 3, 1991.
- [DOR80] DOROSZEWSKI J., *Hypothetico-homological aspects of medical diagnosis*, Metamedecine, vol. 1, pp 177-195, 1980.
- [DUB93] DUBOIS E., *Cours de méthodologie de développement logiciel*, Facultés Universitaires de Namur (Belgique), 1993.
- [ENC80] *Diagnosis in* **ENCYCLOEPEDIA BRITANNICA**, 1980.
- [EHR64] EHRENFELD S., LITTAUER S. B., *Introduction to statistical method*, Mc Graw Hill, 1964.
- [FEI82] FEIGENBAUM, E. A., *The Handbook of Artificial Intelligence*, William Kaufmann, 1982.
- [FER85] FERRAND P., *SESAM : an exploratory Medical Aid System in Advances in AI*, Elsevier Sceince Publisher, 1985.
- [GIL85] GILLOT C., *Les vertébrés in* Encyclopoedia Universalis, 1980.
- [GIL78] GILOI W.K., *Interactive computer graphics : data structures, algorithms, languages*, Prentice Hall, 1978.

- [GUZ94] GUZIK D., KELLER T., SZPALSKI M., PARK J.H., SPENGLER D.M., *A biomechanical model of the lumbar spine during upright isometric flexion, extension, and lateral bending*, 1994.
- [HAI86] HAINAUT J.L., *Conception assistée des applications informatiques: conception de la base de données*, Masson, 1986.
- [KEL93] KELLER T.S., SZPALSKI M., SPENGLER D., HAYEZ J.P., *Interpretation and parameterization of dynamic trunk isoinertial movements using an ensemble-averaging technique*, Clin. Biomed, vol. 8, pp. 220-222, 1993.
- [KEL92] KELLER T.S., STRAUSS A.M., SZPALSKI M., *Prevention of bone loss and muscle atrophy during manned space flight*, Microgravity Q., vol. 2, pp 89-102, 1992.
- [MAR73] MARTINEZ ALONSO J.R., MANRIQUE LEGAS A., BERROCAL O., *Automatic diagnosis with computer in Colloques IRIA Informatique médicale*, 1973
- [PAR74] PARSONS R., *Statistical analysis : a decision-making approach*, Harper & Row, 1974.
- [POL91] POLI R., CAGNONI S., LIVI G., VALLI G., *A neuronal network expert system for diagnosis and treating hypertension in Computer*, vol 24, n°3, 1991.
- [RIC83] RICH, E., *Artificial Intelligence*, Mc Graw Hill, pp. 284-290, 1983.
- [RID84] RIDDERIKHOFF J., *On hypothesis and diagnosis in the medical diagnosis process in Proc. of Medical Informatics. Brussels, Belgium*, 1984.
- [ROY83] ROY B. , BOUYSSOU D., *Aide multicritère à la décision: méthodes et cas*, Economica, 1983.
- [SHO76] SHORTLIFFE, E. H., *Computer-based medical consultations, MYCIN*, American Elsevier Publishing, 1976.
- [SLA84] SLATTERY M. *The use of mathematical expectations to identify changes in the probability of admission to psychiatric care in Proc. of Medical Informatics. Brussels, Belgium*, 1984.
- [SOM89] SOMMERVILLE I., *Software Engineering*, Addison Wesley, 1989.
- [SPE90] SPENGLER D., SZPALSKI M., *Newer assessment approaches of the patient with low back pain*, Contemporary Orthopedics, vol. 21, n°4, 1990.
- [SZP92a] SZPALSKI M., FEDERSPIEL C.F., POTY S., HAYEZ J.P., DEBAIZE J.P., *Reproductibility of trunk isoinertial dynamic performance in patients with low back pain*, Journal of spinal disorders, vol. 1, pp. 78-85, 1992.

- [SZP92b] SZPALSKI M., HAYEZ J.P., *Exploration fonctionnelle des lombalgies. Théorie et applications pratiques*, 1992.
- [SZP92c] SZPALSKI M., HAYEZ J.P., *L'évaluation fonctionnelle des protusions discales*. Département de Chirurgie orthopédique Centre Hospitalier Molière Longchamps, 142 rue Marconi, 1180 Bruxelles, 1992.
- [SZP90] SZPALSKI M., POTY S., HAYEZ J.P., DEBAIZE J.P., *Objective assessment of trunk function in patients with accute low back pain treated with Tenoxicam*, Neuro-Orthopedics, vol. 10, pp 41-47, 1990.
- [TAN92] TANAKA H., ISHIBECHI H., SHIGENAGA T., *Fuzzy inference system based on rough sets and its application to medical diagnosis in Intelligent decision support: Handbook of applications and advances of rough sets theory*, Kluwer Academic Publisher, pp11-117, 1992.
- [WES84] WESTERMAN R.F., HASMAN A., SCHOUTEN J.A., *A data management systemas an adjunct to the treatment of patient with hypertension. in Proc. of Medical Informatics*. Brussels, Belgium, 1984.
- [WON84] WONNACOTT T.H., WONNACOTT R.J., *Statistique, économie-gestion-sciences-médecine*, Economica, 1984.
- [ZUC94] ZUCCHINETTI G., *Ebauche de construction systématique de l'IHM d'une phase*, Université de Lausanne (Ecole des HEC), 1994.

8. Annexes

8.1. Tableaux des grandeurs et leurs unités intéressantes.

Les grandeurs et leurs unités :

Grandeur	Définition	Valeur numérique	Unité
Vitesse	$V = dL / dT$	$v = dl / dt$	$[V] = [L] [T]^{-1}$
Accélération	$A = dV / dT$	$a = dv / dt$	$[A] = [L][T]^{-2}$

tableau 8.1. : grandeurs et unités

où

V = vitesse

A = accélération

L = longueur qui s'exprime en *mètre* dans le système d'unité international

T = temps qui s'exprime en *seconde* dans le système d'unité international

Systèmes d'unité :

	Longueur	Masse	Temps	Force
International (SI)	m	kg	s	-
CGS	cm	g	s	kgf
Anglo-Saxon	ft	-	s	lb

tableau 8.2. : Systèmes d'unité

où

ft = foot

lb = pound

	SI
Force	1 newton 1 kg m s-2 N
Travail	1 joule 1 N m J
Puissance	1 watt 1 J s-1 W

tableau 8.3. : système international

8.2. Les domaines de valeurs

- **Niveau d'activité**

Les niveaux standards sont :

1. Sedentary
2. Light
3. Medium
4. Heavy
5. Very heavy

- **Niveau d'occupation**

Les catégories standards sont :

1. Professional, technical, managerial
2. Clerical and sales
3. Service
4. Agricultural, fishery, and forestry
5. Processing
6. Machine trade
7. Benchwork
8. Structural work
9. Miscellaneous
10. Unemployed

- **Description du test**

The standard categories are :

1. Range of motion

Maximum isometric

2. R, F/E, LF
3. R, F/E
4. R, LF
5. F/E, LF
6. R
7. F/E
8. LF

Low Resistance Dynamic

- 9. R, F/E,LF
- 10. R,F/E
- 11. R,LF
- 12. F/E,LF
- 13. R
- 14. F/E
- 15. LF

Moderate Resistance Dynamic

- 16. R, F/E,LF
- 17. R,F/E
- 18. R,LF
- 19. F/E,LF
- 20. R
- 21. F/E
- 22. LF

High Resistance Dynamic

- 23. R, F/E,LF
- 24. R,F/E
- 25. R,LF
- 26. F/E,LF
- 27. R
- 28. F/E
- 29. LF

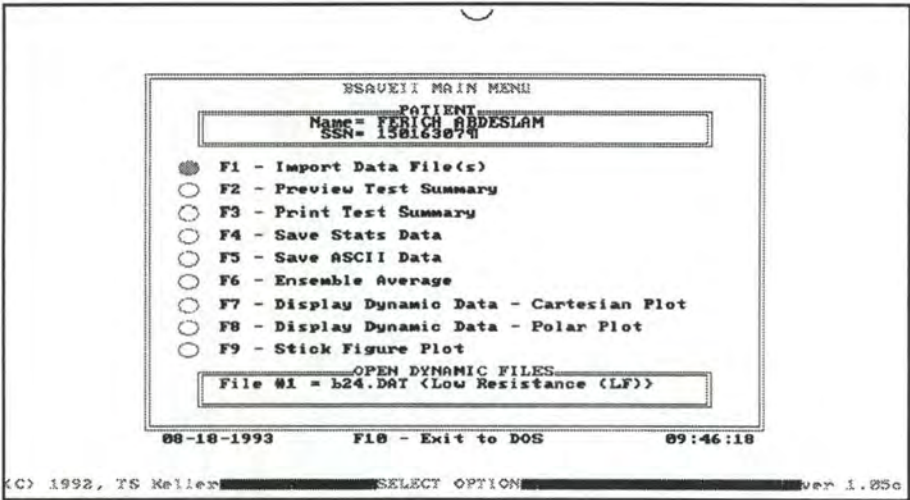
• **Catégories de diagnostic**

- 1. Non-symptomatic
- 2. Lumbar strain
- 3. Lumbar fracture
- 4. Lumbar contusion
- 5. Hern. intervertebral disc
- 6. Lumbar spinal stenosis
- 7. Post laminectomy syndrom
- 8. Lumbar instability
- 9. Osteoarthritis
- 10. Rheumatoid arthritis
- 11. Facet arthropathy
- 12. Spondylolysis
- 13. Spondylolisthesis
- 14. Transitional vertebra
- 15. Scoliosis
- 16. Neoplasm
- 17. Infection

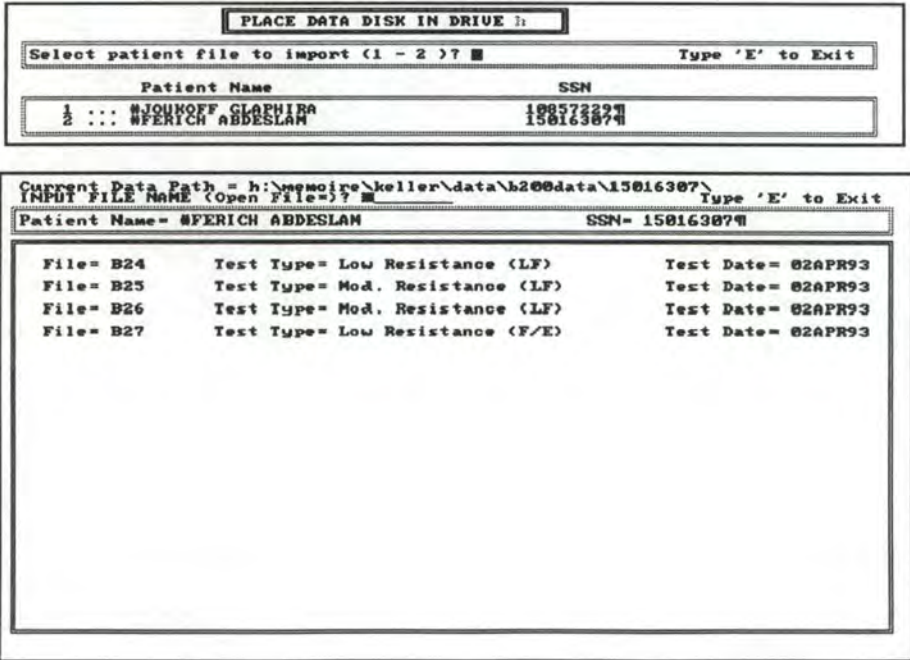
- 18. Metabolic spine disease
- 19. Functional
- 20. Deg. disk dis. w/out hern.
- 21. Other

8.3. Les écrans du programme BSAVE2

- Main menu



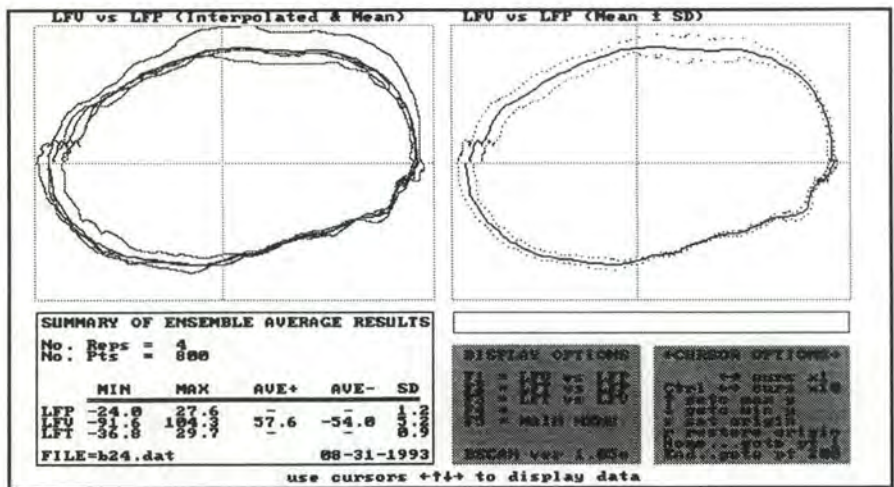
- Import Data file(s).



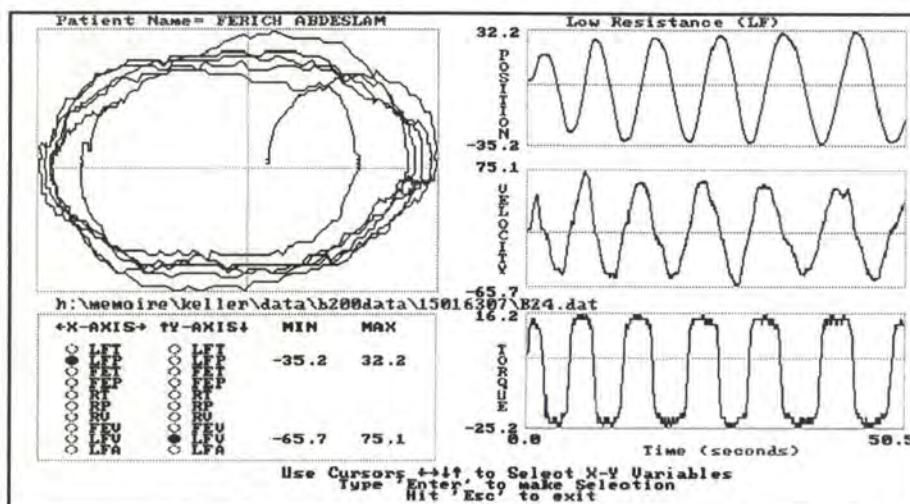
File= B24		Test Type= Low Resistance (LF)					Test Date= 02APR93			
No. of Samples = 0										
No. of Repts = 0										
No. of Records = 0										
Resistance(1) = 0		rotation								
Resistance(2) = 0		flexion/extension								
Resistance(3) = 0		lateral flexion								
	LFT	LFP	FEI	FEP	RI	RP	RV	FEU	LFU	
MIN	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
MAX	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
Bad command or file name										
	Rotation		Flexion/Extension		Lateral Flexion					
Position End-Pts	0.0/	0.0	0.0/	0.0	0.0/	0.0				
Range of Motion	0.0/		0.0/		0.0/					
Maximum Torque	0.0		0.0		0.0					
Average Torque	0.0		0.0		0.0					
Impulse	0.0		0.0		0.0					
Maximum Velocity	0.0		0.0		0.0					
Average Velocity	0.0		0.0		0.0					
Work	0.0		0.0		0.0					
Power	0.0		0.0		0.0					
Resistance	0.0		0.0		0.0					
Repetition Time	0.0		0.0		0.0					

Current Data Path = h:\sgwoire\keller\data\b200data\10857229\	
Input (1) All Files or (2) One Dynamic File? █	
Patient Name= #JOUXOFF GLAPHIRA	SSN= 108572294
File= B21 (1) Test Type= Isometric (R), (F/E), (LF) Test Date= 02APR93 File= B22 (1) Test Type= Range of Motion Test Date= 02APR93 File= B23 (1) Test Type= Low Resistance (LF) Test Date= 02APR93 File= B24 (2) Test Type= Mod. Resistance (LF) Test Date= 02APR93 File= B25 (1) Test Type= Low Resistance (F/E) Test Date= 02APR93 File= B26 (2) Test Type= Mod. Resistance (F/E) Test Date= 02APR93 File= B27 (1) Test Type= Low Resistance (R) Test Date= 02APR93 File= B28 (2) Test Type= Mod. Resistance (R) Test Date= 02APR93	

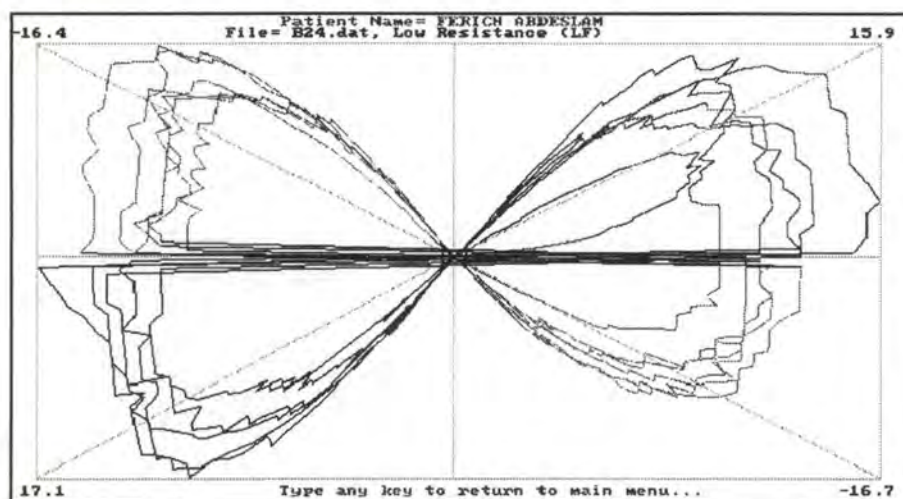
• Ensemble Average



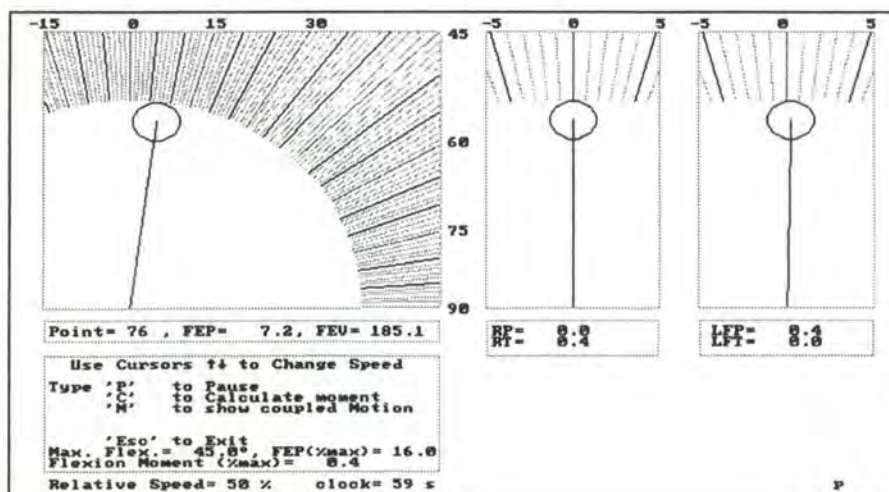
- **Dynamic Data, Cartesian Plot. (Low Resistance).**



- **Display Dynamic Data : Polar Plot. (Low Resistance)**



- **Stick figure plot**



8.4. Les données contenues dans le summary

Date Of Injury :
Height :
Weight :
Sex :
Date Of Birth :
Age :

Patient's name :
Hospital ID number :
Social Sec Number :
Tester :
Date :
Disc Number :

Employer :Work type :Dominant Hand :

RANGE OF MOTION (trial1/trial2)

RR : .../...
LR : .../...

F .../...
E .../...

RLF : .../...
LLF : .../...

ISOMETRIC (trial1/trial2)

RR : .../...
LR : .../...

F .../...
E .../...

RLF : .../...
LLF : .../...

DYNAMIC TRIALS (Positive/Negative)

		Resis	MaxTor	AvgTor	MaxVel	AvgVel	ROM
26%	LF 1	13	16.2/-23.4	...	.../...	...	.../...
...%	LF 2	....	.../...	...	.../...	...	.../...
...%	F 1	...	.../...	...	.../...	...	.../...
...%	F 2	...	.../...	...	.../...	...	.../...
...%	E 1	...	.../...	...	.../...	...	.../...
...%	E 2	...	.../...	...	.../...	...	.../...
...%	Rot 1	...	.../...	...	.../...	...	.../...
...%	Rot 2	...	.../...	...	.../...	...	.../...

SECONDARY AXIS MAXIMUM TORQUE

		RR	LR	FLEX	EXT	RLF	LLF
26%	LF 1	...	...	...	...	-10.8	XXXXXX
...%	LF 2	...	...	...	...	...	...
...%	F 1	...	...	...	...	...	...
...%	F 2	...	...	...	...	...	...
...%	E 1	...	...	...	...	...	...
...%	E 2	...	...	...	...	...	...
...%	Rot 1	...	...	...	...	...	...
...%	Rot 2	...	...	...	...	...	...

(Include appropriate observation on page 2 and 3)

History of Lower Back Pain Treated by a Health Care Professionnal :
.....
.....

Spine X-Ray :

Previous Back Surgery :

Patient's Name :Date :

Social Security Number :Reviewer :

	Is Data within 2 SD of Norms ?				Bilateral Value Within 15 %			
	Range Of Motion		Isometric Torque		Range Of Motion		Isometric Torque	
Right Rotation	yes	OR	no	...	...	...	...	...
Left Rotation
Flexion
Extension
Right Lateral Flexion
Left Latreal Flexion

COMPREHENSIVE ANALYSIS

Isometric Etension Torque / Flexion Torque Ratio :

	Unresisted Motion > Dynamic Motion			Isometric Torque > 2° Axis Dynamic Torque	
	yes	OR	no
Right Rotation
Left Rotation
Flexion
Extension
Right Lateral Flexion
Left Latreal Flexion

WERE RESULTS CONSISTENT FROM TEST 1 TO TEST 2 ? (give axes if not -- & + indicate that Test1 > Test2)

Range Of Motion (within 15%)	.....	
Isometric Torque (within 10%)	.....	
Dynamic Tests		AXES (give axes if not -- & + indicate that Test1 > Test2)	
Maximum Torque (within 10%)	yes OR no	.....
Average Torque (within 10%)	...	.....
Maximum Torque (within 10%)	...	.....
Average Torque (within 10%)	...	.....

GRAPHICAL ANALYSIS (refer to both sets of dynamic graphs)

	ROTATION		FLEXION		EXTENSION		LATERAL FLEXION	
	yes	OR	no
Good Starts (1st rep up to speed)
Strong Finish (no fatigue)
Consistent Max Position
Consistent Max Velocity
Rep Showed No consistent Notch
Rep Showed No Inconsistent Notch

TESTING RESULT

☐ Normal and Consitent

☐ Inappropriate Flexion/Extension Ratio

Decrease Flexibility In

☐ RR

☐ LR

☐ F

☐ E

☐ RLF

☐ LLF

Low Torque In

☐ RR

☐ LR

☐ F

☐ E

☐ RLF

☐ LLF

☐ Low Effort

☐ Inconsistent

Impressions :

Examiner

Date

8.5. La comparaison de données

• Aire sous une courbe

Intégration d'une courbe selon la règle du trapèze.

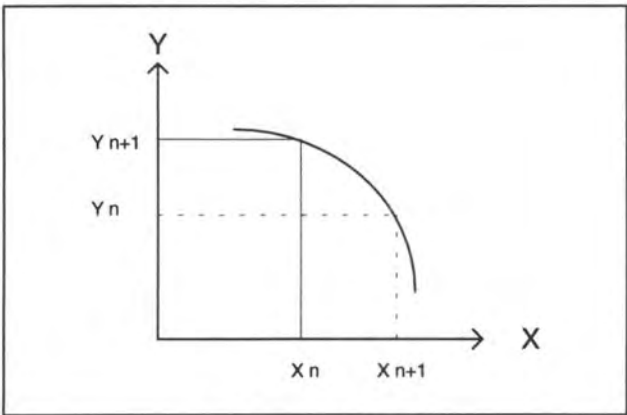


fig 8.1 . : calcul de l'aire

aire₀ = 0

$\forall i \in [1:n-1] : \text{aire}_{i+1} = \text{aire}_i + (X_{i+1} - X_i) * (Y_{i+1} + Y_i) / 2$

aire totale = \sum aire

• **L'analyse de la variance**

source de la variation	variation (somme des carrés, SC)	d.d.l. (degré de liberté)	variance (carré moyen, CM)	rapport F
Facteur A : différence entre les moyennes \bar{X}_i	$SC_A = n \sum_{i=1}^a (\bar{X}_i - \bar{X})^2$	$(a - 1)$	CM_A $= SC_A / (a - 1)$ $= ns^2_X$	F $= CM_A / CM_E$ $= ns^2_X / s^2_p$
RESIDUELLE (ERREUR) différences entre les observations X_{it} et les moyennes \bar{X}_i	$SCE = \sum_{i=1}^a \sum_{t=1}^n (X_{it} - \bar{X}_i)^2$	$a (n - 1)$	CM_E $= SCE / a (n - 1)$ $= s^2_p$	
TOTAL	$SC = \sum_{i=1}^a \sum_{t=1}^n (X_{it} - \bar{X})^2$	$na - 1$		

tableau 8.3 . : ANOVA

• **Paired T-test**

$$t = \frac{(\bar{X} - \bar{Y}) \sqrt{\frac{m+n}{m+n-2}}}{\sqrt{\frac{\sum (X_i - \bar{X})^2 + \sum (Y_i - \bar{Y})^2}{m+n-2}}}$$

Si l'hypothèse que les moyennes sont égales est vraie, cette valeur t doit vérifier une distribution de Student.

9. Table des matières

1. Introduction	1
2. L'évaluation des protusions discales	2
2.1. Description du problème	2
2.1.1. Le dos et ses problèmes : les lombalgies	2
2.1.1.1. Le dos : description anatomique	2
2.1.1.2. Le dos : les problèmes de lombalgies	3
2.1.2. Impacts financier et social des lombalgies	3
2.1.3. Problématique de la détection, du diagnostic des lombalgies: les modes d'évaluation	4
2.1.4. Conclusion	6
2.2. Une application de la méthode isoinertielle : l'isostation B200 d'Isotechnologies	6
2.2.1. Présentation du matériel	7
2.2.2. Description des étapes du protocole	8
2.2.3. Résumé des données mesurées	9
2.2.4. Applications pratiques	10
2.3. Le graphe de flexion/extension position vs flexion/extension velocity	11
2.4. L'information recueillie par la B200 et son traitement dans le système existant	11
2.4.1. Schéma conceptuel des données	11
2.4.2. Recueil des données	13
2.4.3. Stockage des données brutes	13
2.4.3.1. Description de la base de données	13
2.4.3.2. Critique du mode de stockage	18
2.4.4. Le logiciel Bsave2	19
2.4.4.1. Description des fonctionnalités	19
2.4.4.2. Critique de l'existant (IHM)	20
3. SIAD et diagnostic médical	23
3.1. La problématique du diagnostic médical	23
3.1.1. Introduction	23
3.1.2. L'histoire d'une pathologie	23
3.1.3. Le diagnostic médical comme processus actif	24
3.1.3.1. Des définitions de diagnostic	24
3.1.3.2. Description du processus	25
3.1.3.3. Le modèle	29
3.1.4. Comparaison du processus de décision d'un médecin avec la procédure de décision rationnelle de Mintzberg	31

3.1.4.1. Décision d'un diagnostic	31
3.1.4.2. Décision d'un traitement	35
3.1.5. Les sources d'erreurs dans le diagnostic médical	35
3.2. Les SIAD et le diagnostic médical	36
3.2.1. La prise de décision médicale assistée par ordinateur	36
3.2.1.1. Le mode d'interaction du programme	36
3.2.1.2. Le but du programme	37
3.2.1.3. La méthodologie employée par le programme	37
3.2.2. Une approche trousse à diagnostic	41
3.2.3. Conditions pour la réussite	42
4. Un SIAD dans le cadre de l'évaluation fonctionnelle des protusions discales	44
4.1. Objectifs du SIAD et contraintes	44
4.1.1. Qui?	44
4.1.2. Quand?	44
4.1.3. Où aider?	44
4.1.4. Les étapes de la procédure de diagnostic couvertes par le SIAD	46
4.1.5. Les contraintes d'environnement	47
4.2. Description des fonctionnalités	48
4.2.1. Recueil des données	48
4.2.2. Stockage des données	48
4.2.2.1. Les fichiers de tests	48
4.2.2.2. Les fichiers de sauvetages de données	49
4.2.2.3. La création et la mise à jour de bases de données	49
4.2.3. Outils de statistique et tableur	50
4.2.4. Calcul	50
4.2.4.1. Moyennage	50
4.2.4.2. La comparaison des courbes	52
4.2.4.3. Calcul de l'accélération	53
4.2.5. Présentation	54
4.2.5.1. Présentations des données brutes et dynamiques	54
4.2.5.2. Les données interpolées et moyennées	55
4.2.6. Rapport	55
4.2.7. Intercommunication entre les outils	55
4.3. La méthode de conception du SIAD	56
4.3.1. Spécifications fonctionnelles	56
4.3.2. Conception globale	56
4.3.3. Conception détaillée	56
4.4. Spécifications fonctionnelles	57
4.4.1. Fonctionnalités	57
4.4.2. Données	61

4.5. Design global	63
4.5.1. Architecture fonctionnelle du SIAD	63
4.5.1.1. Base des outils	64
4.5.1.2. Base des modèles	65
4.5.1.3. Base des données	67
4.5.1.4. Interactions	68
4.5.2. Architecture des modules	69
4.6. Architecture d'implémentation (Spécifications détaillées)	71
4.6.1. L'interface	71
4.6.1.1. Structuration globale de l'interface	71
4.6.1.2. La spécification de l'interface	73
4.6.1.3. Graphe d'enchaînement des fonctions	73
4.6.1.4. Mémoire de l'interface	75
4.6.1.5. Présentation	77
4.6.1.6. Conversation	80
4.6.1.6.1. La machine fonctionnelle	80
4.6.1.6.2. Dérivation de la couche fonctionnelle à partir du graphe d'enchaînement	81
4.6.1.6.3. Dérivation de la couche d'activation	85
4.6.1.6.4. Dérivation de la couche de dialogue	90
4.6.2. Modules d'accès aux données	93
4.6.3. Modules de traitements	95
5. Conclusion	97
6. Lexique	98
7. Bibliographie	100
8. Annexes	103
8.1. Tableaux des grandeurs et leurs unités intéressantes	103
8.2. Les domaines de valeurs	104
8.3. Les écrans du programme BSAVE2	106
8.4. Les données contenues dans le summary	109
8.5. La comparaison de données	111
9. Table des matières	113